

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Univerzitní studijní programy

Závěsné zařízení velkoformátového LCD televizoru

Wall-mounted Motorized Positioning Device for Large LCD Television

Student: Luděk Adamec

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Krys

Ostrava 2010

Zadání bakalářské práce

Student: **Luděk Adamec**
Studijní program: B3943 Mechatronika
Studijní obor: 3906R006 Mechatronické systémy
Téma: **Závěsné zařízení velkoformátového LCD televizoru**
Wall-mounted Motorized Positioning Device for Large LCD Television

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte dostupné technické prostředky pro polohování plochých televizorů s velkou úhlopříčkou. Specifikujte požadavkový list pro navrhované polohovaadlo.
2. Navrhněte varianty řešení mechanické struktury závěsného motorizovaného polohovacího zařízení. Na základě zvolených kritérií posuďte navržené varianty a vyberte nejvhodnější.
3. Vybranou variantu detailně propracujte s využitím dostupných prostředků pro podporu konstruování. Navrhněte a dimenzujte vhodný pohon a jeho řídicí jednotku. Specifikujte požadavky na nadřazený řídicí systém, senzorický subsystém a uživatelské rozhraní.
4. Práci doplňte podrobnou technickou dokumentací zpracované varianty. Výkresovou dokumentaci vypracujte dle pokynů vedoucího práce.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a pdf a výkresovou dokumentaci v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

DRASTÍK, F. *Technické kreslení I. – pravidla tvorby výkresů ve strojírenství*. 2. vydání. Ostrava: Montanex Ostrava, 2005. 260 s. ISBN 87-7225-195-3.

NOVÁK, P. *Průmyslové řídicí systémy*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2000. 104 s. ISBN 80-7078-733-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav Krys**

Datum zadání: 02.11.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



vedoucí katedry



prof. Ing. Petr Moskiewič, CSc.
prorektor pro studium

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Luděk Adamec

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Skřipov – část Hrabství č. 86

PSČ: 747 41

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ADAMEC, L. *Závěsné zařízení velkoformátového LCD televizoru : bakalářská práce.* Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Univerzitní studijní programy, 2010, 60 s. Vedoucí práce: Krys, V.

Bakalářská práce se zabývá návrhem závěsného zařízení velkoformátového LCD televizoru s možností motorického natáčení kolem vertikální osy. V úvodu je uveden přehled stávajících zařízení a představen použitý LCD televizor. V další části je navrženo několik variant řešení polohovadla televizoru, přičemž pomocí kritériálního hodnocení je zvolena optimální varianta. V závislosti na výsledcích silového rozboru konstrukce je vybrána a patřičně dimenzována pohonná jednotka. Na volbu pohonu navazuje návrh řídicí části, který obsahuje výběr příslušných senzorů a řídicí jednotky pohonu. Tyto komponenty jsou následně aplikovány do modelu polohovadla. Vytvořený model zařízení a jeho dokumentace je obsažena v příloze bakalářské práce.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ADAMEC, L. *Wall-mounted Motorized Positioning Device for Large LCD Television : Bachelor Thesis.* Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, University Studies Programs, 2010, 60 p. Thesis head: Krys, V.

This Bachelor's thesis deals with a proposal of a suspension device for a big-screen LCD TV with a possibility of a motorized rotation around vertical axis. In the beginning there is a list of recent devices and the used LCD TV is introduced. In the next part several alternatives of the positioner of the TV are presented, whereas the optimal alternative is chosen using the criteria evaluation. On the basis of the results of a construction analysis a drive unit is selected and appropriately sized. The selection of the drive unit is followed by a proposal of a control part which contains relevant sensors and a control unit. Those components are used in the model of the positioner. The model and its documentation are included in the appendix to this Bachelor's work.

Poděkování patří mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Václavu Krysovi za rady a názory k bakalářské práci a také panu prof. Dr. Ing. Petru Novákovi za připomínky k části bakalářské práce – návrh řídicí jednotky.

Obsah

	strana
Seznam použitých značek a symbolů	- 3 -
1. Úvod.....	- 5 -
2. Zadání a cíl bakalářského projektu	- 5 -
2.1 Téma práce a její popis	- 5 -
2.2 Požadavkový list.....	- 5 -
2.3 Cíl bakalářského projektu	- 6 -
3. Analýza problematiky	- 6 -
3.1 VESA Standard.....	- 6 -
3.2 Pasivní držáky.....	- 8 -
3.3 Aktivní držáky	- 10 -
3.4 Kritéria pro návrh polohovadla.....	- 12 -
4. LCD televizor	- 15 -
4.1 Představení televizoru a příslušenství.....	- 15 -
4.2 Parametry	- 16 -
4.3 Model LCD	- 18 -
5. Varianty řešení	- 19 -
5.1 Kinematická schémata	- 19 -
5.2 Koncept 1.....	- 20 -
5.3 Koncept 2.....	- 21 -
5.4 Koncept 3.....	- 22 -
5.5 Koncept 4.....	- 23 -
5.6 Koncept 5.....	- 24 -
5.7 Koncept 6.....	- 25 -
6. Porovnání variant a výběr optimálního řešení.....	- 26 -

6.1	Kritéria hodnocení	- 26 -
6.2	Výsledky a výběr varianty	- 28 -
7.	Řešení optimální varianty	- 28 -
7.1	Rozvržení sil v modelu	- 28 -
7.2	Výběr pohonu a jeho kontrolní výpočty	- 30 -
7.3	Popis konstrukčního uspořádání a jednotlivých komponentů	- 34 -
7.4	Blokové schéma řízení.....	- 37 -
7.5	Senzor náklonu	- 38 -
7.6	IR senzor.....	- 42 -
7.7	Základní principy řízení ss motorů	- 43 -
7.8	Řídicí jednotka vybraného pohonu.....	- 47 -
7.9	Použití koncových snímačů	- 49 -
7.10	Mikrokontrolér.....	- 51 -
7.11	Návrh desky plošného spoje a umístění elektroniky do modelu	- 54 -
8.	Zhodnocení výsledků	- 56 -
9.	Závěr.....	- 57 -
9.1	Seznam použité literatury	- 58 -
9.2	Přílohy	- 60 -

Seznam použitých značek a symbolů

Symbol	Název	Jednotka
F	Síla	[N]
F_t	Třecí síla	[N]
G	Tíhová síla	[N]
I	Elektrický proud	[mA]
J	Moment setrvačnosti	[kg · m ²]
M	Moment	[N · m]
M_T	Třecí moment	[N · m]
P	Rozteč	[mm]
P_h	Stoupání	[mm]
P_d	Dovolený výkon	[mW]
R	Reakce, odpor	[N], [Ω]
R_a	Drsnost povrchu	[-]
R_e	Mez kluzu v tahu materiálu	[MPa]
U	Elektrické napětí	[V]
a	Délka	[mm]
b	Rameno momentu natočení televizoru	[mm]
d	Průměr	[mm]
f	Součinitel smykového tření za klidu	[-]
$f_{\check{c}}$	Součinitel čepového tření	[-]
f_z	Součinitel smykového tření na závitu	[-]
f_0	Modulační kmitočet	[kHz]
g	Gravitační zrychlení	[m · s ⁻²]
i	Převodový poměr	[-]
k_s	Součinitel bezpečnosti	[-]
k_n	Konstanta motoru	[-]
m	Hmotnost	[kg]
r	Vzdálenost těžiště od osy rotace	[mm]
$r_{\check{c}}$	Poloměr čepu	[mm]
t	Čas	[s]
x_T	Vzdálenost těžiště od osy rotace	[mm]
α	Úhel	[°]

β	Úhel profilu závitu, bezpečnostní součinitel	$[\circ]$, $[-]$
ε	Úhlové zrychlení	$[\circ \cdot s^{-2}]$, $[\text{rad} \cdot s^{-2}]$
η	Účinnost	$[-]$
σ	Normální napětí	$[\text{MPa}]$
τ	Smykové napětí	$[\text{MPa}]$
φ'	Úhel	$[\circ]$
ψ	Úhel	$[\circ]$
ω	Úhlová rychlost	$[\circ \cdot s^{-1}]$, $[\text{rad} \cdot s^{-1}]$

1. Úvod

V současné době, kdy elektronika zasáhla téměř všechna odvětví, nás nepřekvapí roboti napodobující člověka nebo plně robotizovaná pracoviště. Doba, kdy vše fungovalo jen mechanicky, je dávno pryč. Současný trend se snaží nám život co nejvíce ulehčit, proto vytváříme například různé inteligentní kuchyňské spotřebiče, výkonné CNC stroje i propracované automobily. Jednou z nadstandardních technických vymožeností pro domácnost je i dálkově ovládaný motorický držák LCD televizorů.

2. Zadání a cíl bakalářského projektu

V tomto oddílu je představeno téma této práce, kritéria kladená na výslednou konstrukci a cíl projektu, který má být dosažen.

2.1 Téma práce a její popis

Téma: Závěsné zařízení velkoformátového LCD televizoru.

Popis úkolu:

Pro LCD televizor, který bude později blíže specifikován, je zapotřebí zkonstruovat držák, umožňující natáčení obrazovky podle vertikální osy. Natáčení celého mechanismu bude motorické. Navrhněte strojní část zařízení a nakreslete sestavný výkres celého zařízení v prostředí AutoCAD.

2.2 Požadavkový list

	Požadavek	Hodnota
1	Maximální hmotnost televizoru	35 kg
2	Naklápění kolem vertikální osy	$\pm 10^\circ$
3	Upevnění	Nástěnné
4	Úhlopříčka	do 55" (139 cm)
5	Druh pohonu	DC motor
6	Rychlost přestavení	10°/s

*Tabulka 2.2.1 Požadavky na konstrukci***2.3 Cíl bakalářského projektu**

Cílem bakalářského projektu je navržení optimální varianty mechanismu pro natáčení LCD televizoru kolem vertikální osy. Vybraná varianta musí nejlépe splňovat výše uvedená kritéria. Naklápění bude motorické, to znamená, že si uživatel bude moci zvolit libovolný úhel natočení obrazovky v určitých mezích (viz. Tabulka 2.2.1). Pro vypracování modelu bude použit program Pro/ENGINEER společnosti PTC, výkres sestavy bude nakreslený v prostředí programu AutoCAD.

3. Analýza problematiky

V této části se seznámíme se stávajícími varianty upevnění a případně i naklápění televizorů. Je zde uveden standard přichycení televize k interfacu, vyobrazeny některé ze základních konstrukčních řešení pasivních držáků a také aktivní držáky, které jsou dostupné na světovém trhu.

3.1 VESA Standard

VESA je celosvětovým standardem pro montáž LCD a plasmových televizorů. Podle jeho norem jednoduše poznáme, který displej je vhodný pro jaký držák. Stanovena je i velikost šroubů pro uchycení monitoru. Odpovídající šrouby jsou vždy součástí balení držáku. Většina držáků je VESA kompatibilní, existuje ovšem i malá část monitorů, které kompatibilní nejsou [27].

VESA rozlišuje několik typů uchycení monitorů:

- uchycení **VESA MIS D**
- uchycení **VESA MIS E**
- uchycení **VESA MIS F**

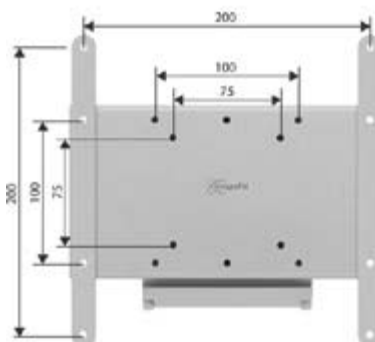
VESA MIS D

- LCD s úhlopříčkou 12 - 22,9"

- montážní otvory na zadní straně monitoru tvoří čtverec 75x75 nebo 100x100 mm

**VESA MIS D Vogels****VESA MIS D Omnimount****Obr. 3.1.1** Uchycení typu VESA MIS D**VESA MIS E**

- LCD s úhlopříčkou 23 - 30,9"
- montážní otvory tvoří obdélník 200x100 nebo 200x200 mm

**Vogels VFW 132****Vogels VFW 132 včetně adaptéru****Obr. 3.1.2** Uchycení typu VESA MIS E**VESA MIS F**

- LCD s úhlopříčkou ≥ 31 "
- montážní otvory v různém rozvržení, horizontálně max. 900mm, vertikálně max. 450mm



Vogels PFW 5205

Omnimount U3F

Obr. 3.1.3 Uchycení typu VESA MIS F

Dnešní běžně dodávané plazmové nebo LCD televize, jejichž úhlopříčka se pohybuje v rozmezí 32÷55“ (117÷139 cm), nejčastěji používají standart VESA MIS F s roztečí montážních otvorů 400x400 mm a velikosti šroubu M8 nebo VESA MIS E s roztečí montážních otvorů 200x200 mm a velikosti šroubu M6.

3.2 Pasivní držáky

Dnešní trh nabízí dva typy držáků LCD televizorů:

- **Pasivní** – poloha televizoru je manuálně nastavena a aretována
- **Aktivní** – poloha lze kdykoliv změnit pomocí pohonů pohybujících jednotlivými rameny (popřípadě mechanismy). Ovládaní je realizováno infračerveným (dále jen IR) ovladačem.

Pasivní držáky mohou být v nástěnném, stropním a stolním provedení, záleží na tom, pro jaké upevnění se klient rozhodne a jaký prostor má k dispozici. Podrobnější popis s obrázky je uveden v dalších bodech této kapitoly.

Nejjednodušší variantou držáků jsou konzole s upevňovací plochou, tvořenou rovným plechem (Obr. 3.1.1). Mají pouze otvory pro montážní šrouby jednotlivých roztečí VESA standardu.

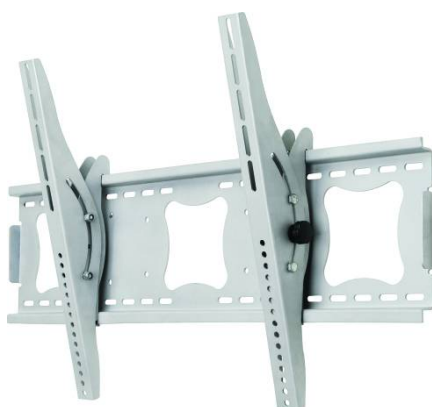
Vhodnějším řešením je použití variabilních otvorů, díky nimž lze upevnit téměř jakýkoliv druh televizoru. Toto řešení obsahuje dva pohyblivé jezdce symetricky se pohybující od středu základní desky, s níž jsou spojeny tvarovou vazbou (Obr. 3.2.1).



Obr. 3.2.1 Pasivní držák s proměnou roztečí otvorů

Těmito druhy lze pouze upevnit televizor do polohy rovnoběžné se stěnou.

Přidáním další kloubové vazby (rotační nebo posuvné) lze dosáhnout nastavení velikosti naklonění obrazovky podle horizontální osy (Obr. 3.2.2).



Obr. 3.2.2 Pasivní držák s rotací podle horizontální osy



Obr. 3.2.3 Pasivní držák sériové struktury

Pro kompletní uživatelské nastavení chybí pohyb kolem vertikální osy, který je řešen několika způsoby. Buď pouze jedním rotačním kloubem (dále jen RK), nebo dvěma RK, které jsou spojeny nosným ramenem. Další konstrukce je tvořena dvěma rameny se sériovou strukturou pro větší úhel vytočení obrazovky (Obr. 3.2.3).

Poslední variantou, se kterou se můžeme setkat na našem trhu, je řešení dvou paralelních, dříve popsanych sériových struktur, vyznačujících se větší tuhostí a na to navazující nosností (Obr. 3.2.4).



Obr. 3.2.4 Pasivní držák s kompletním nastavením polohy obrazovky

Poslední možná rotace kolem třetí osy se téměř nepoužívá, protože se předpokládá přesná prvotní montáž na stěnu či jinou podložku.

Výrobci zařízení pro upevnění LCD televizoru různých velikostí používají některé zmíněné varianty (nejčastěji však jejich kombinace), aby zajistili uživateli kompletní nastavení polohy jejich LCD televizoru (Obr. 3.2.4).

Držák je většinou vyroben buď z tenkého plechu vyztuženého různými prolisy pro zvětšení pevnosti, nebo z čtvercového profilu (popřípadě obdélníkového i kruhového). Můžeme se však setkat i s plasty, které většinou tvoří pouzdra vedení zajišťující spolehlivý provoz. Spojovacími materiály všech komponentů jsou standardní šrouby, aretační a pojistné kolíky, případně stavěcí šrouby. Velkoformátové LCD televizory od úhlopříčky 100 cm a výše používají montážní šrouby M6 nebo M8.

3.3 Aktivní držáky

Aktivní držáky obsahují kromě univerzálního systému uchycení také elektrické pohony, jež umožňují pohyb jednotlivých částí zařízení.

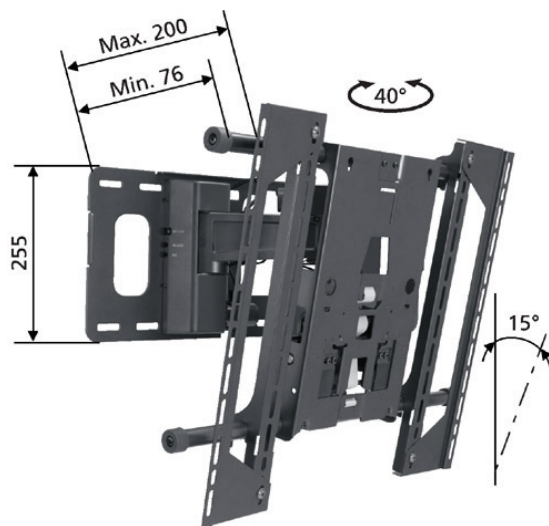
Tyto držáky dnes nejsou moc rozšířené, a to díky své složitosti a také pořizovací ceně (ta se pohybuje v desítkách tisíc Kč). Vyrábějí se v provedení, které umožňuje ovládání pohybu kolem vertikální osy s konstrukcí obdobnou pasivních držáků, nebo i s rotací kolem horizontální osy. Toto řešení většinou zvyšuje nároky na tuhost a nosnost celého zařízení. Pro ovládání soustavy je připojen přijímací senzor, který detekuje příkazy od IR ovladače. Na ovladači je možno nastavit velikost vychýlení obrazovky v obou směrech dvou rotací a

nechybí zde také tlačítko pro návrat televizoru do polohy rovnoběžné se stěnou. Koncové polohy jsou detekovány snímači. Některé typy mají navíc programovatelnou ochranu televizoru proti nárazu do zdi nebo ochranu proti zachycení pohybujícího se televizoru.

Příklady aktivních polohovadel:



Obr. 3.3.1 Aktivní polohovadlo s rotací podle vertikální osy



Obr. 3.3.1 Aktivní polohovadlo s rotací podle vertikální osy a nastavením vyklopení



Obr. 3.3.3 Aktivní polohovadlo s možností nastavení vzdálenosti od stěny



Obr. 3.3.4 Ukázka natočení polohovadla

3.4 Kritéria pro návrh polohovadla

Zde jsou uvedeny různé kategorie, kterými si lze pomoci při návrhu uspořádání polohovadla a výběru druhu pohonné jednotky s odpovídajícími parametry.

a) Upevnění

LCD televizor je možno umístit na různá místa – na stůl, zeď a strop. Pokud se rozhodneme umístit televizor na stůl nebo polici, použijeme stojan, který většinou dodává výrobce jako součást originálního balení. Existují i samostatné univerzální stojany, ale na rozdíl od držáků vyrobených pro konkrétní typ mají většinou na celou sestavu negativní efekt (Obr. 3.4.1). Asi nejrozšířenějším způsobem upevnění je uchycení na zeď, a to proto, že zabírá nejméně prostoru (viz. podkapitoly 3.2 a 3.3). Posledním typem upevnění je méně používané zavěšení na strop místnosti (Obr. 3.4.2). Ač se může zdát nepoužitelným, najde jistě uplatnění v přednáškových místnostech nebo ve velkých halách a chodbách. Úhel rotace může být teoreticky 360°, ale z praktického hlediska závisí na umístění držáku a potřebě natáčet televizor.



Obr. 3.4.1 Stolní stojan



Obr. 3.4.2 Stropní provedení držáku

b) Úhlopříčka

Dnešní rozmanitá nabídka nám umožňuje vybrat si televizi s patřičnými parametry. Pro návrh závěsného zařízení je zapotřebí upřesnit, s jakými LCD televizory bude kompatibilní. Předběžný návrh zařízení počítá s roztečí montážních otvorů dle normy VESA MIS E a MIS F, přičemž nejvíce používané rozteče jsou 200x200 a 400x400 mm. Po důkladné prohlídce některých modelů od světoznámých výrobců, byl seznam LCD televizorů zúžen dle kritéria úhlopříčky obrazu. Velikost úhlopříčky se tedy pohybuje od 46“ (117 cm) až do největších 55“ (139 cm) LCD obrazovek. V tabulce 3.4.1 jsou uvedeny televizory, které vyhovují výše popsanému kritériu. Lze tak porovnat hmotnost, rozměry a zmiňovanou úhlopříčku vybraných modelů předních světových výrobců, jako je například Samsung, Sony, Philips a jiní.

Výrobce	Typ	Úhlopříčka [cm]	Rozměry V x Š x H [mm]	Hmotnost [kg]
Samsung	LE46A856	117	1119x692,5x44,4	20,9
	LE46A956	117	1160,2x107,9x699,3	26,3
	LE46B550	117	1131x714,2x79,3	19,4
	LE46B620	117	1131x714,2x79,3	19,4
	LE46B650	117	1118,5x724,5x78,6	19,3
	LE46B750	117	1115x702,5x78,6	19,7
	LE52A756	132	1321,4x805x107	30,1
	LE52B620	132	1276x805,7x80,6	25,9
	LE52B750	132	1258x795,1x79,9	25,6
	LE55B650	139	1310,8x841,8x79,9	28,8
Sony	KDL-46X4500	117	1259x685x144	33
	KDL-46Z4500	117	1140x749x132	30
	KDL-46Z5500	117	1091x672x86	21,9
	KDL-52Z5500	132	1240x767x86	27,2
	KDL-46WE5W	117	1123x725x107	24
	KDL-46EX1	117	1156x709x57	19
	KDL-52EX1	132	1312x806x57	33
	KDL-46W4500	117	1120x742x115	26,5
	KDL-46W5500	117	1123x725x96	24
	KDL-52W4500	132	1262x829x119	33
	KDL-46V5500	117	1123x723x96	23,5
	KDL-52V5500	132	1262x822x115	30,5
Philips	47PFL5604H/12	119	1149x712x88	22,1
	52PFL5604H/12	132	1277x788,9x106,8	26,52
	47PFL7404H/12	119	1106x666x92	20,1
	52PFL7404H/12	132	1256x766x119	27,7

	47PFL9664H/12	119	1111x694x50	20
	46PFL9704H/12	117	1123x701x89	25,4
LG	47LH3000	119	1140,6x722,9x99	19,7
	47LH4000	119	1153,2x719x99,8	19,6
	47LH5000	119	1173,4x723,4x100,8	20,8
	47LH7000	119	1123,5x765,4x40,9	22,8
	47SL8000	119	1109,6x685,3x45,5	23,5
	55SL8000	139	1279x780,5x45,5	32

Tabulka 3.4.1 Seznam jednotlivých LCD televizorů s parametry

Všechny uvedené typy podporují standard VESA 400x400 mm kromě značky Sony, která upřednostňuje typ 300x300 mm.

c) Hmotnost televizoru

Určení hmotnosti televizoru je jednou ze základních věcí, od kterých se odvíjí konstrukce a návrh zařízení. Pro správné dimenzování jednotlivých komponentů a určení druhu pohonu je nutné znát maximální nosnost sestavy. Známe-li přesnou polohu těžiště televizoru, je možné vypočítat potřebný moment pro natočení, a začít tak s návrhem pohonu.

d) Úhel rotace

Velikost naklopení obrazovky od rovnoběžné roviny stěny podél vertikální osy samozřejmě závisí na úhlopříčce obrazovky. Pro konstantní vzdálenost televize od stěny se bude úhel s rostoucí velikostí obrazu zmenšovat a naopak. U pasivních držáků se úhel pohybuje kolem $\pm 10 \div 15^\circ$ a u dvojrámenného uchycení nabývá ještě větších hodnot.

e) Druh pohonu

Pro řízení navržené soustavy je možné teoreticky použít jakýkoliv pohon. Za předpokladu, že televizor je umístěn na místo s přívodem elektrické energie, se nabízí jako nejjednodušší logické řešení využití elektrického pohonu. Na výběr máme z různých druhů pohonů, jako jsou servomotory, krokové motory, stejnosměrné nebo střídavé motory, rotační či lineární. Motor je zapotřebí patřičně dimenzovat. Jedna z možností je použití výkonových motorů, které mají velké krouticí momenty při malých otáčkách, nebo mnohem efektivnějším řešením je výběr převodovky a méně výkonného motoru při celkově menších rozměrech. Volba druhu

pohonu je však vázána na určený způsob konstrukce mechanismu, který je vybrán a popsán v dalších kapitolách.

f) Rychlost přestavení

Volbu motoru ovlivňuje další parametr soustavy, a tou je rychlost přestavení. Je-li požadován rychlý přesun z jedné krajní polohy do druhé, požadavky kladené na volbu motoru vzrostou. Pro rychlý pohyb obrazovky musí motor vytvořit patřičně velký moment, který překoná pasivní odpory v ložiscích a také moment setrvačnosti celé soustavy. Při rozměrech a hmotnosti velkoformátových LCD televizorů nebude tento moment malý. Samozřejmostí je optimální dimenzování pohonu.

4. LCD televizor

V této kapitole se seznámíme s vybraným LCD televizorem, popisem jejích parametrů, zobrazení modelu v prostředí programu Pro/ENGINEER a určení těžiště televizoru. Podstatné informace o televizoru jsou vybrány z webových stránek výrobce [14] a uvedeny v následujících podkapitolách.

4.1 Představení televizoru a příslušenství

Z tabulky 3.4.1 byla vybrána televize s největší hmotností a maximálními rozměry. Jedná se o televizor LCD BRAVIA typu KDL-52W4500 od společnosti Sony (Obr. 4.1.1).



Obr. 4.1.1 LCD televizor Sony Bravia KDL-52W4500 a jeho boční pohled

Standardně dodávané příslušenství obsahuje kabel hlavního napájení, dálkový ovladač a baterie, stojan a šrouby stojanu. Je možno dokoupit konzolu pro upevnění na zeď typu SU-WL500, která se dodává samostatně (viz. Obr. 4.1.2).

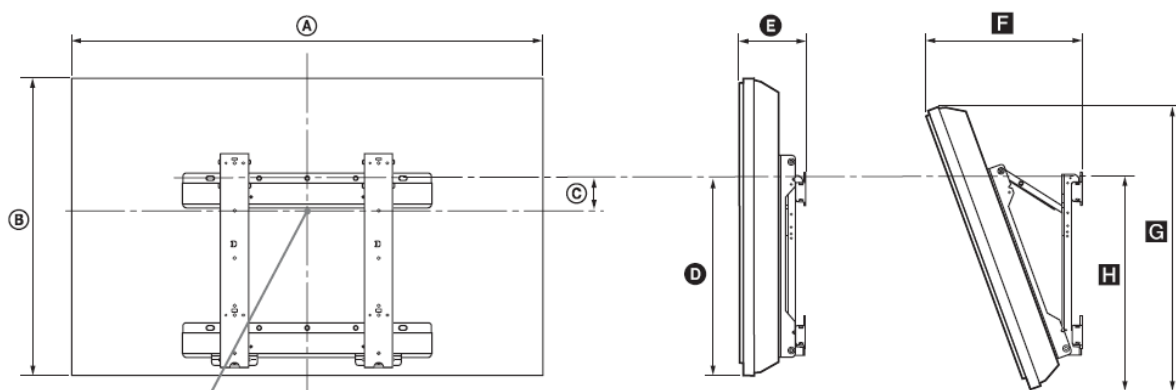


Obr. 4.1.2 Nástěnná konzola SU-WL500

4.2 Parametry

Nejprve jsou uvedeny technické parametry, které poskytuje výrobce na svých webových stránkách a v manuálu. Následující obrázky jsou převzaty přímo z manuálu pro konkrétní model.

Jedná se o televizi s úhlopříčkou 52“ (132 cm) s rozměry 1262x829x119 mm (V x Š x H) a hmotností 33 kg. Tyto hodnoty odpovídají samostatnému televizoru bez stojanu.



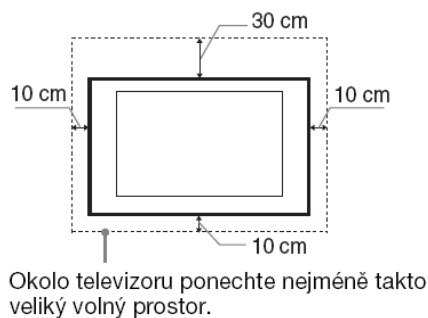
Jednotka: mm

Název modelu	Rozměry obrazovky		Rozměr středu obrazovky	Délka jednotlivých montážních úhlů				
				Úhel (0°)		Úhel (20°)		
	A	B		D	E	F	G	H
KDL-52W47xx/KDL-52W4500	1 262	829	39	487	179	413	786	522

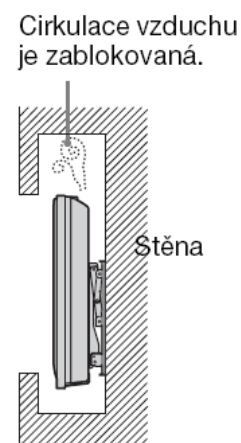
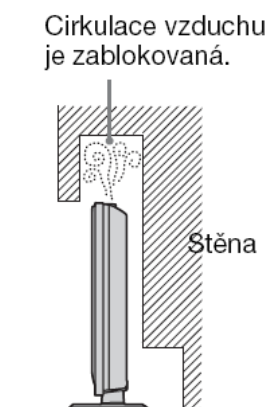
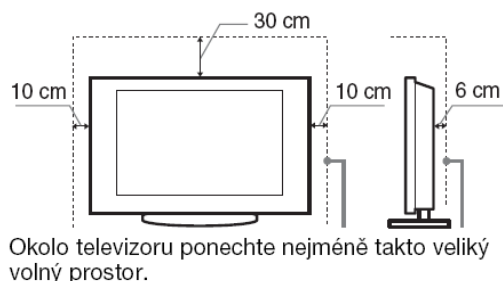
Obr. 4.2.1 Rozměry obrazovky

Prostor pro správnou funkci a s ním spojené doporučené zásady montáže jsou zobrazeny na následujících obrázcích 4.2.1 a 4.2.2 získaných z manuálu.

Instalace na stěně



Instalace se stojanem



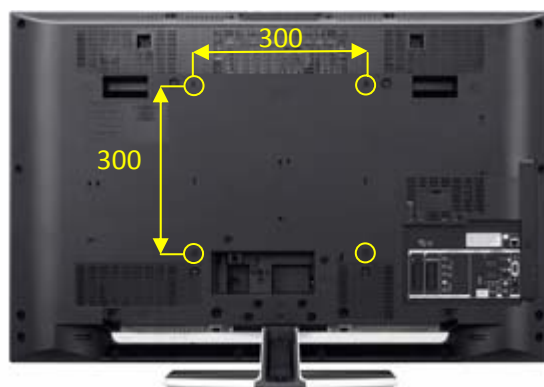
Obr. 4.2.1 Prostor pro zástavbu

Obr. 4.2.2 Dodržení ventilace vzduchu

Dodržení doporučené vzdálenosti zadní části televizoru od stěny, kterou uvádí výrobce v manuálu 60 mm, teoreticky omezuje minimální vzdálenost obrazovky od montážní plochy. Při zachování úhlu natočení obrazovky (viz. tabulka 2.2.1) pro takto velkou úhlopříčku, je vzdálenost televizoru od stěny větší, než je minimum uváděné výrobcem.

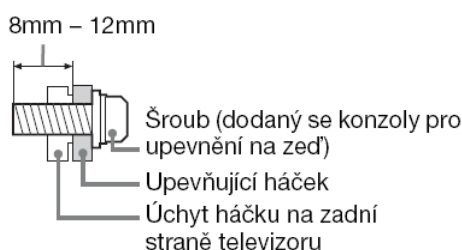
Montážní otvory:

Jak již bylo dříve zmíněno, televizory značky Sony upřednostňují rozteč montážních otvorů 300x300 mm. Na Obr. 4.2.3 jsou zvýrazněné vzdálenosti montážních otvorů.



Obr. 4.2.3 Rozložení montážních otvorů

Velikost montážních šroubů pro tento typ je M6x16, Obr. 4.2.4 uvádí přečnívající délku šroubu, která se při použití originálního upevnění SU-WL500 pohybuje v rozmezí 8 – 12 mm.

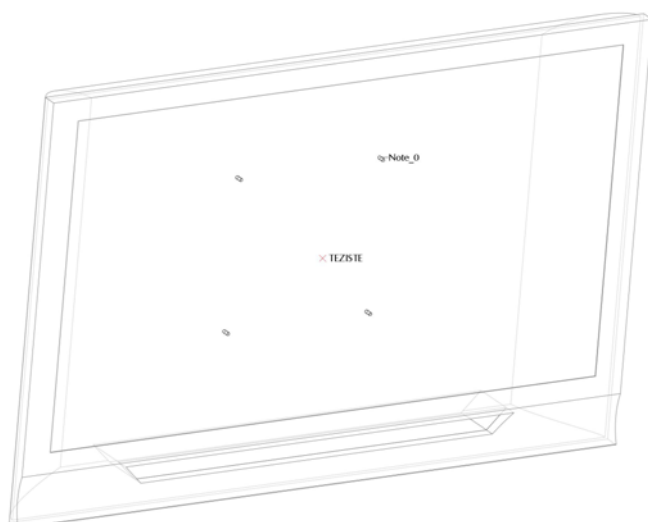


Obr. 4.2.4 Montážní šroub

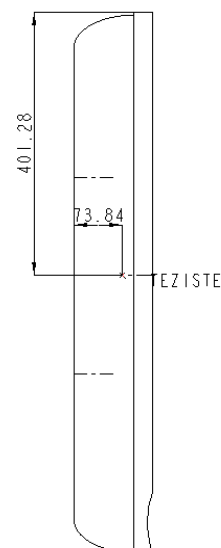
4.3 Model LCD

Podle obrázků a rozměrů uvedených na stránkách výrobce byl sestaven model televizoru v prostředí programu Pro/ENGINEER (Obr. 4.3.1) a je mu přiřazena hmotnost přibližně odpovídající hodnotám katalogového listu. Jelikož největší hmotnost výrobku vytváří displej obrazovky a také použitá elektronika umístěná v popředí výrobku, lze tedy usoudit, že těžiště se posune k čelní straně. Výřez ve spodní části výrobku způsobí posun těžiště směrem nahoru. Poslední souřadnice se díky symetričnosti výrobku nebude měnit, a zůstane tedy v ose. Změna polohy těžiště je zobrazena na Obr. 4.3.2.

Hmotnost modelu: 33,5 kg



Obr. 4.3.1 Model LCD televizoru



Obr. 4.3.2 Určení těžiště

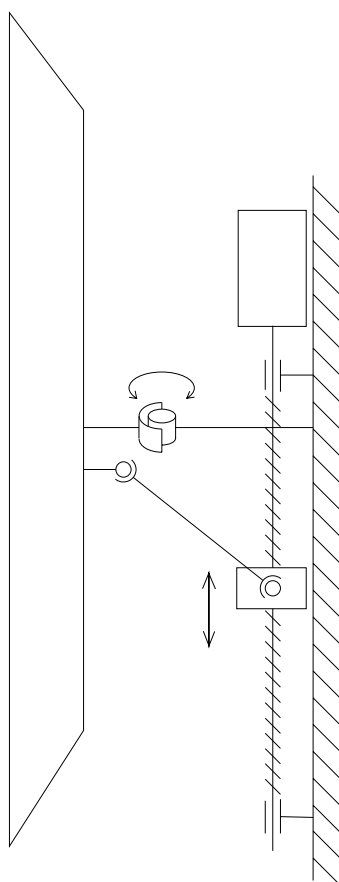
5. Varianty řešení

5.1 Kinematická schémata

Všechny zde zmiňované varianty mají umístěn kloub otáčení za vertikální osou symetrie televize. Čím blíže je umístěn od těžiště obrazovky, tím menší sílu je potřeba vynaložit při jeho pootočení. Provedení kloubu je patřičně dimenzováno k hmotnosti televizoru. Interface tvoří plech tloušťky 3mm s otvory pro montážní šrouby nejpoužívanějších VESA standardů. Nástěnná konzole je taktéž tvořena plechem (s možnými prolisy) a k němu namontovanými držáky pohonu.

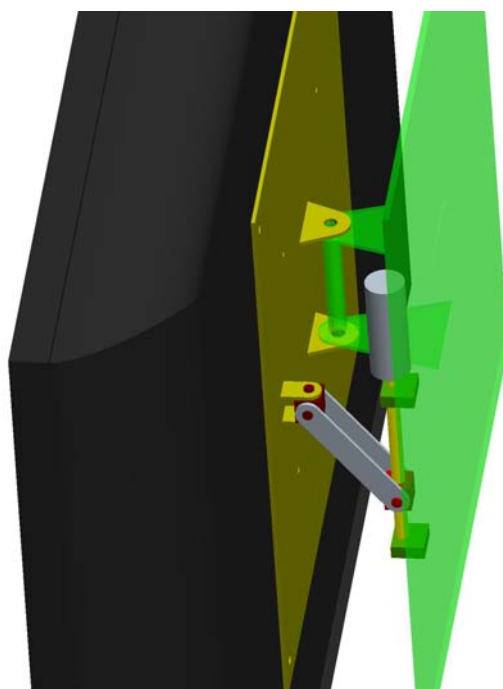
Všechny dále uvedené koncepty byly namodelovány v prostředí programu ProEngineer. Modely sloužily pro dokonalejší znázornění problému a daly se z nich snadněji vyčíst výhody a nevýhody konstrukce, které nebyly na první pohled patrné. Všechny uvedené varianty byly navrženy pro stejnou minimální vzdálenost těžiště televizoru od osy rotace a konstantní úhel natočení obrazovky. Pro analýzu nebylo zapotřebí rozpracovat modely do větších detailů.

5.2 Koncept 1



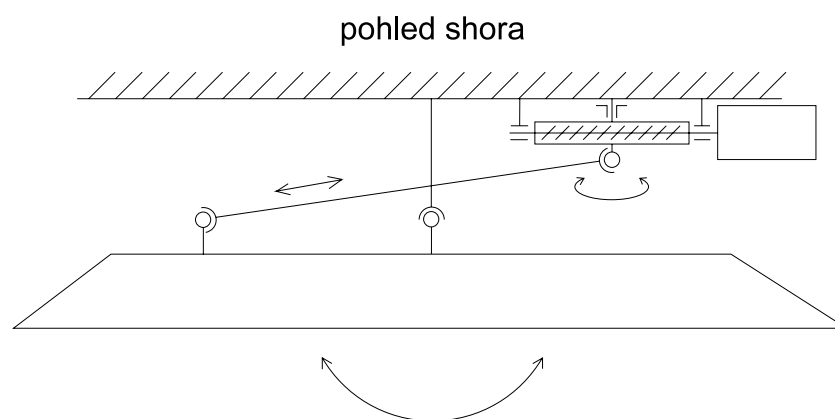
Obr. 5.2.1 Koncept 1

Kinematické schéma využívá naklápění kolem kloubu umístěného za středem obrazovky. Táhlo vychylující televizi je z jedné strany ukotveno kloubem na zadní část interfacu a druhou stranou připevněno opět kloubem na matici kuličkového šroubu. Kuličkový šroub nemá přídavné vedení matice, které by znemožnilo rotaci matice kolem osy šroubu potřebnou pro správnou funkci zařízení. Na nástěnné konzoli je připevněn kuličkový šroub, který můžeme přímo napojit na servomotor či krokový motor nebo přes přídavný převod (přímý, planetový) na stejnosměrný pohon. Velikost ramene i funkční délka pohybového šroubu závisí na vzdálenosti umístění šroubu od osy otáčení televizoru, neboli na úhlu natočení. Konkrétní výběr pohonu bude upřesněn v následujících kapitolách.



Obr. 5.2.2 Model konceptu 1

5.3 Koncept 2

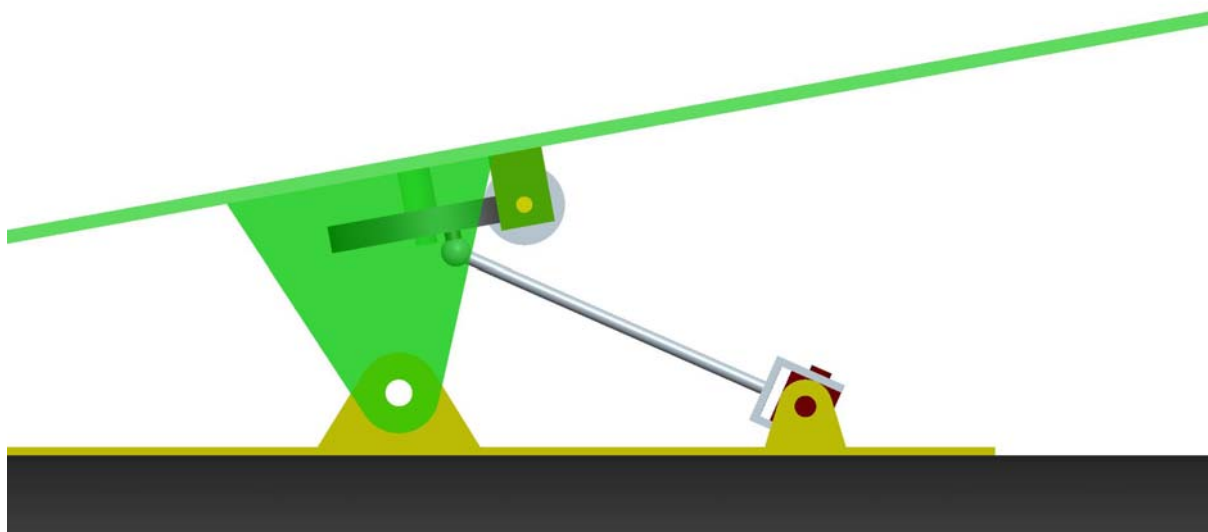


Obr. 5.3.1 Koncept 2

Systém je založen na kývavém pohybu. Motor opatřený šnekem pohybuje ozubeným kolem. Táhlo koncem spojeným s ozubeným kolem opisuje trajektorii kola, přičemž jeho druhý konec je ukotven pomocí kloubu s interfacem. Šnekový převod fixuje aktuální polohu obrazovky.

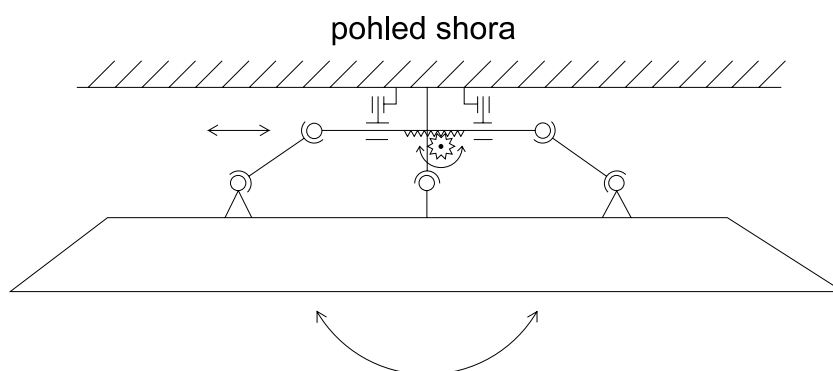
Výhodou tohoto řešení je jednoduché ovládání motoru. Při změně pohybu obrazovky nemusíme reverzovat motor. V tomto konstrukčním uspořádání je velikostí excentricity nastaven úhel naklápění, odpadá tak nutnost použití drahých koncových snímačů.

Toto konstrukční uspořádání přináší také uživatelskou nevýhodu. Přestavme si, že připojením napětí na motor obrazovku pootočíme z pravé krajní polohy do střední, dalším pootočením chceme dostat obrazovku zpět do pravé polohy. Po spuštění motoru se začne televize pohybovat doleva až do doby, kdy dosáhne levé krajní polohy, potom se vrací zpět až na požadovanou pravou krajní polohu. Doba přesunu se tak může prodloužit až trojnásobně. Při modelování konceptu bylo pro daný úhel vytočení těžké zjistit excentricitu a délku táhla. Po experimentálním zjištění parametrů činila excentricita 10 mm. Jelikož táhlo jedním koncem opisuje kružnici, nebyl by při konstantní rychlosti motoru pohyb obrazovky lineární.



Obr. 5.3.2 Model konceptu 2

5.4 Koncept 3



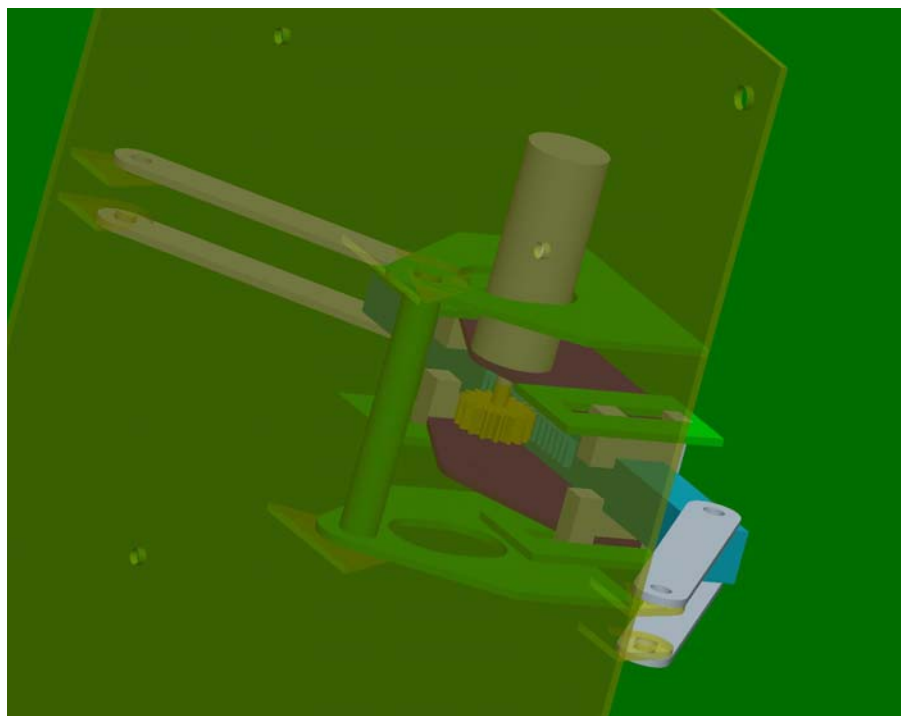
Obr. 5.4.1 Koncept 3

Motor s pastorkem posouvá profil s hřebenovým ozubením. Tento profil je uložen v lineárním vedení a na obou koncích jsou kloubem připevněna ramena, která spojují mechanismus se zadní stranou interfacu. Všechna ramena vytváří rovnoramenný lichoběžník, který svým principem kývavě natáčí obrazovku. Ačkoli to na první pohled nevypadá, hřeben zároveň vykonává přímočarý pohyb a zároveň se pohybuje kolem kružnice. Aby celý mechanismus mohl fungovat, je potřeba hřebenu přidat jeden stupeň volnosti. To je realizováno volným přímočarým pohybem domků hřebenu v kolejnicích (tj. pohyb domků od stěny k interfacu a opačně).

Výhodou je možnost výroby symetrických dílů vůči normálové rovině stěny procházející osou otáčení. Motor umístěný do této roviny může být namontován zespodu nebo shora

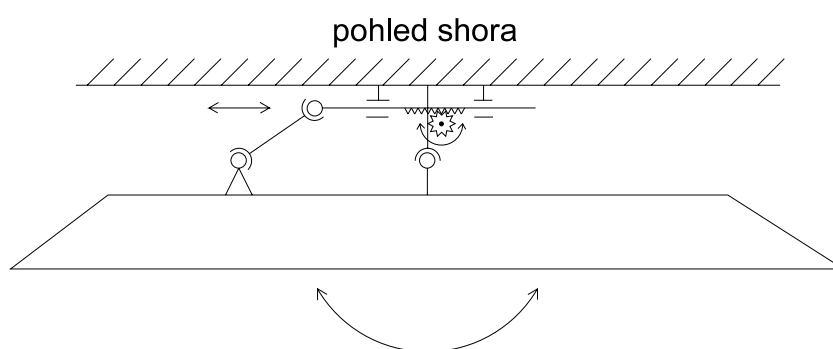
konzole (Obr. 5.4.2). Rychlost motoru je možné redukovat planetovou převodovkou. Díky dvěma ramenům je konstrukce odolnější proti náhodným otřesům.

Přidáním pohybu domků v kolejnicích se zvětší výsledná vzdálenost obrazovky od stěny a konstrukce se tak stává složitější (Obr. 5.4.2).



Obr. 5.4.2 Model konceptu 3

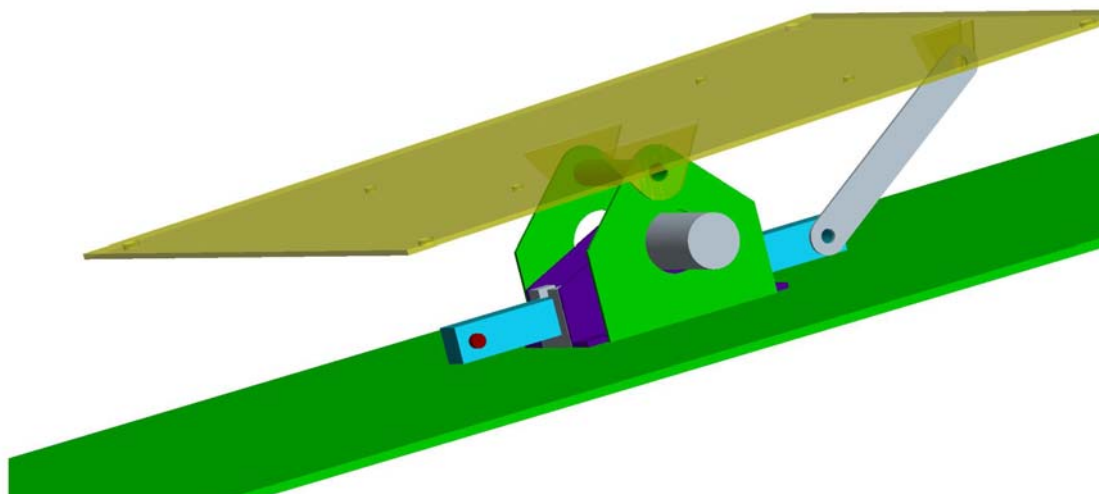
5.5 Koncept 4



Obr. 5.5.1 Koncept 4

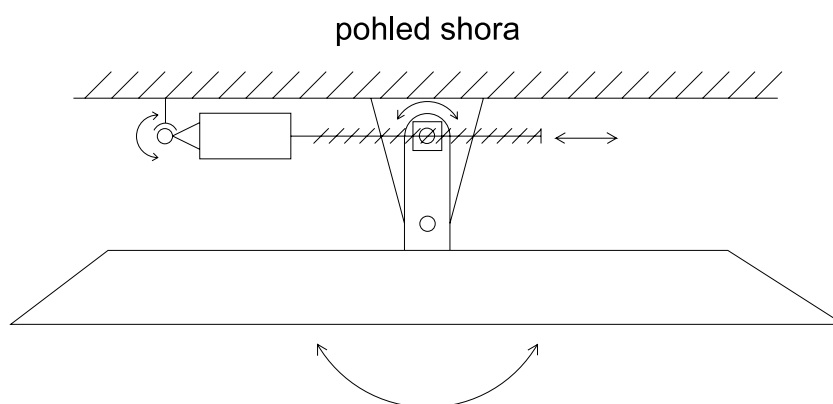
Je to obdoba konceptu 3, který je ovšem ochuzen o jeden pár ramen. Touto úpravou se sice snižuje odolnost celého zařízení proti náhodným nárazům, ale přináší větší výhodu - konstrukce je jednoduchá. Není zde zapotřebí korekce ve formě přidání jednoho stupně volnosti, jako tomu bylo v konceptu 3.

Díky použité konstrukci můžeme docílit velice malé vzdálenosti roviny obrazovky od stěny. Opět nástěnná konzole může být symetrická, což se projeví snížením výrobních nákladů, a vzhledem k montáži motoru bude konstrukce univerzální.



Obr. 5.5.2 Model konceptu 4

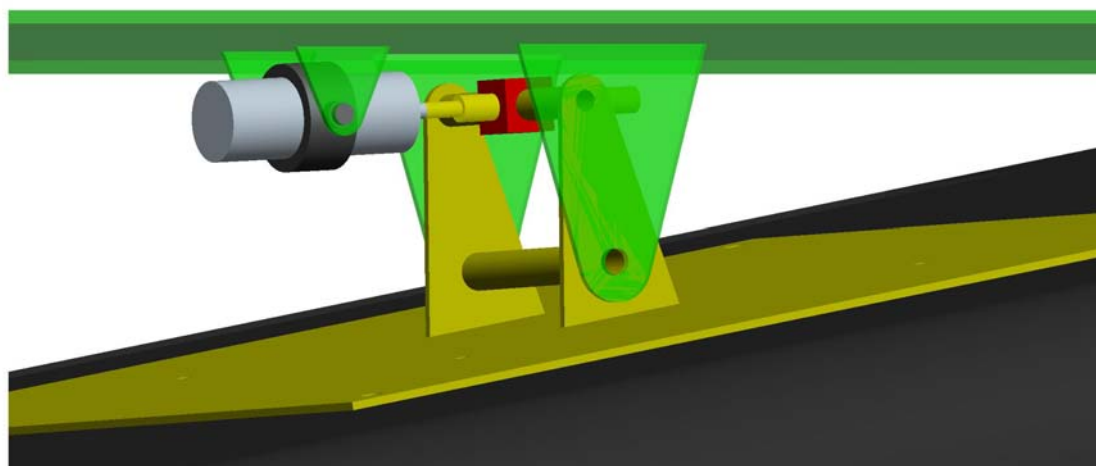
5.6 Koncept 5



Obr. 5.6.1 Koncept 5

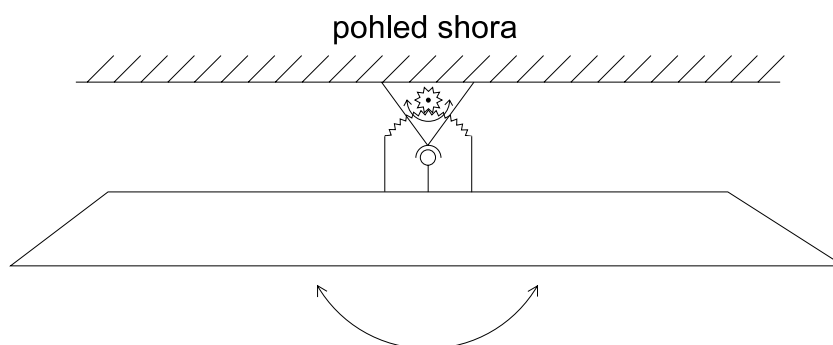
Toto řešení využívá v podstatě stejný princip jako koncept 1, ale s jiným konstrukčním uspořádáním. Translačním pohybem matice po kuličkovém šroubu docílíme kývavého pohybu páky interfacu a tím i celé obrazovky. Upevnění motoru je z důvodu mírného kývání řešeno kloubovou vazbou.

Výhodou tohoto návrhu je malá vzdálenost obrazovky od stěny. Kuličkový šroub fixuje aktuální polohu obrazovky a konstrukce, jak vidíme z Obr. 5.6.2, je velice jednoduchá.



Obr. 5.6.2 Model konceptu 5

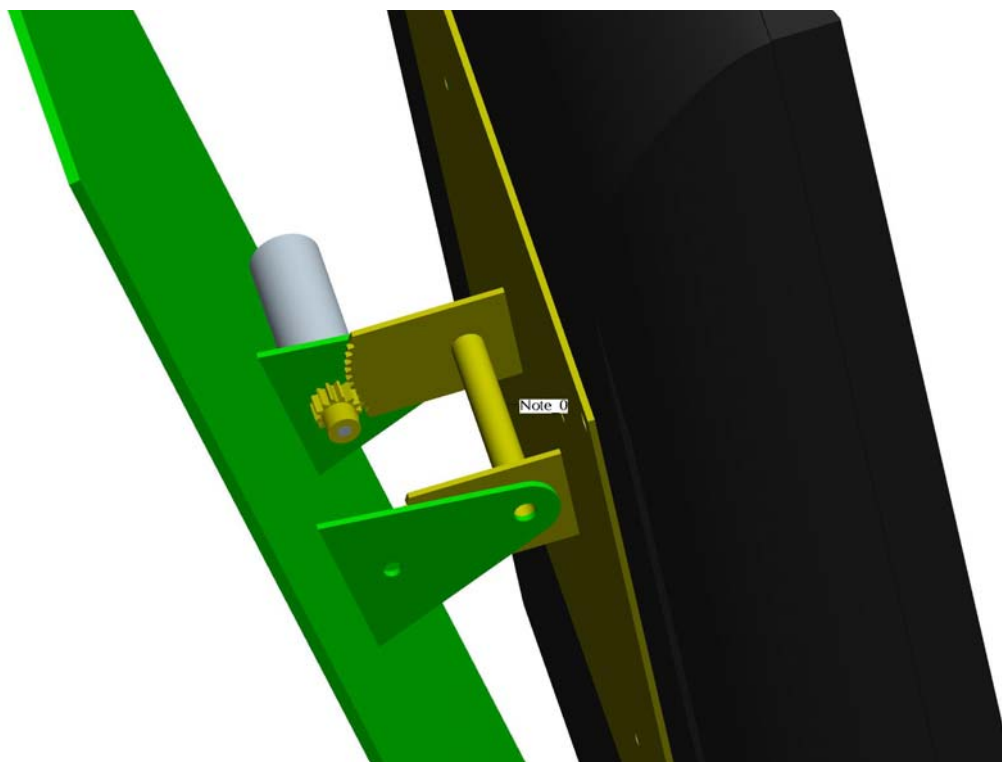
5.7 Koncept 6



Obr. 5.7.1 Koncept 6

Rotaci obrazovky zajišťuje elektromotor s převodem na interface obrazovky. Motor je připevněn přímo na nástěnnou konzoli a přes pastorek s přímým ozubením pohybuje interfacem. Ten má na konci vyroben část ozubení tvořící oběžné kolo pastorku.

Pro pomalé naklápění použijeme přídatnou planetovou převodovku umístěnou přímo na elektromotoru. Velikost převodu pastorku a rádius oběžného kola bude určovat vzdálenost obrazovky od stěny a výkon použitého elektromotoru. Výhodou popsaného řešení je velice jednoduchá konstrukce.



Obr. 5.7.2 Model konceptu 6

6. Porovnání variant a výběr optimálního řešení

V následující kapitole jsou uvedena kritéria hodnocení, na která je kladen důraz při volbě optimální varianty. Dále je uvedena tabulka s výsledky porovnání konceptů a nakonec je vybráno řešení nejvíce odpovídající uvedeným kritériím.

6.1 Kritéria hodnocení

Pro správnou volbu konstrukčního řešení naklápění televizoru jsou stanovena kritéria, která usnadní výběr optimální varianty. Kritérií je celkem pět, jsou uvedena a blíže popsána v dalším textu.

Kritéria:

- Jednoduchost konstrukce
- Výrobní náklady
- Funkčnost zařízení
- Fixování polohy
- Vzdálenost od stěny

Popis jednotlivých kritérií:

1. Jednoduchost konstrukce

Toto kritérium posuzuje složitost celého uspořádání. S celkovou složitostí roste možnost výskytu poruchy, proto je snaha volit konstrukčně jednoduché a zároveň účinné řešení. Počet použitých dílů také ovlivňuje hmotnost celého zařízení a její zvyšování má neblahý účinek na použitý pohon.

2. Výrobní náklady

Zde se hodnotí odhadované náklady použitého spojovacího materiálu a dílů. Součástí ceny je i technologie výroby dílů (např. řezání vodním paprskem nebo laserem). Cena také zahrnuje použité komponenty, jako například ložiska, motor, přídatnou převodovku nebo případně použitý pohybový šroub. Výrobní náklady jsou v praxi většinou rozhodujícím kritériem produktu.

3. Funkčnost zařízení

Některé systémy jsou založeny na nevhodném způsobu pohybu, a tak vytvářejí přídavné nežádoucí vlivy (například vyvolání velkého tření nebo radiálních a axiálních sil v ložiscích). Kritérium posuzuje správnou kinematiku, která je závislá na stavbě mechanismu.

4. Fixování polohy

Při náhodném záchvěvu televizoru je důležité, aby mechanismus neustále udržoval nastavenou polohu, a odolal tak náhodným vlivům prostředí (vibrace, náhodný kontakt ruky s obrazovkou). Tuto problematiku hodnotí kritérium fixování polohy, přičemž nejvíce bodů získají systémy s transformací rotace na posuvný pohyb (pohybové šrouby).

5. Vzdálenost od stěny

Toto kritérium zohledňuje dodržení podmínky určité vzdálenosti interfacu od stěny. V podstatě splnění podmínky prezentuje nejvyšší počet bodů, na rozdíl od překročení vzdálenosti, která je hodnocena nejnižším počtem bodů.

Jednotlivé koncepty jsou posouzeny podle všech výše uvedených kritérií a následně bodově ohodnoceny (viz tabulka 6.2.1).

6.2 Výsledky a výběr varianty

Všechny koncepty budou klasifikovány podle výše uvedených měřítek. Konceptům je podle daného kritéria přiřazen určitý počet bodů. Rozsah se pohybuje v rozmezí od 1 do 5 bodů, přičemž největší hodnocení odpovídá 5 bodům. Vyhodnocením součtu všech bodů jednotlivých varianty docílíme získání optimálního řešení.

Kritérium	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3	Koncept 4	Koncept 5	Koncept 6
1.	3	4	1	3	5	5
2.	4	3	1	2	4	5
3.	5	2	2	3	5	4
4.	5	1	3	3	5	1
5.	5	5	1	5	5	5
Získané body	22	15	8	16	24	20
Konečné pořadí	2	5	6	4	1	3

Tabulka 6.2.1 Klasifikace konceptů

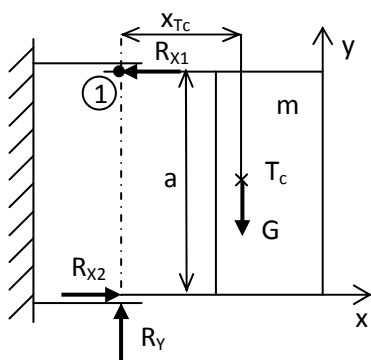
Z klasifikace konceptů provedené v tabulce 6.2.1 můžeme usoudit, že koncept 5 nejlépe splňuje kritéria, a je tudíž optimálním řešením. Jeho celkové první pořadí s konečným počtem 24 bodů z možných 25 je toto důkazem.

7. Řešení optimální varianty

Tato kapitola se zabývá detailním propracováním již zvolené varianty. Jsou zde uvedeny výpočty potřebné pro návrh pohonu, použitá konstrukce s komentářem a návrh řídicí jednotky, který zahrnuje výběr senzorů a mikrokontroléru. Dále je uvedena navržená deska plošného spoje a umístění všech komponentů v modelu polohovadla.

7.1 Rozvržení sil v modelu

Vstupní hodnoty pro následující výpočty jsou odečteny z modelu v prostředí Pro/ENGINEER.



Obr. 7.1.1 Silový rozbor v bokorysu modelu

Výpočet x_{Tc} :

$$m_{TV} = 33,5 \text{ kg}, m_{int} = 4,7 \text{ kg}, g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}, a = 93 \text{ mm}$$

$$G = (m_{TV} + m_{int}) \cdot g = (33,5 + 4,7) \cdot 9,81 = 374,7 \text{ N}$$

Součást	G [N]	x_T [mm]	$G \cdot x_T$ [Nm]
Televizor	328,63	96,8	31,81
Interface	46,1	20,3	0,936
Σ	374,7	----	32,7

$$x_{Tc} = \frac{\sum G \cdot x_T}{\sum G} = \frac{32,7}{374,7} = 0,0873 \text{ m} = 87,3 \text{ mm}$$

Rovnice rovnováhy pro Obr. 7.1.1:

$$\begin{aligned} \sum F_X: -R_{X1} + R_{X2} &= 0 & R_{X2} &= R_{X1} & R_Y &= 374,7 \text{ N} \\ \sum F_Y: R_Y - G &= 0 & \rightarrow R_Y &= G & \rightarrow R_{X2} &= 374,7 \cdot \frac{87,3}{93} = 351,7 \text{ N} \\ \sum M_1: R_2 \cdot a - G \cdot x_{Tc} &= 0 & R_{X2} &= G \cdot \frac{x_{Tc}}{a} & R_{X1} &= 351,7 \text{ N} \end{aligned}$$

Výpočet momentu setrvačnosti televizoru a interfacu:

Interface:

$$J_T = 0,0732 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad r = 20,3 \text{ mm}$$

$$m = 4,7 \text{ kg}$$

Televizor:

$$J_T = 4,254 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad r = 96,8 \text{ mm}$$

$$m = 33,5 \text{ kg}$$

Výpočet momentu setrvačnosti tělesa rotujícího kolem osy neležící v těžišti tělesa (T) je vyřešen pomocí Steinerovy věty.

$$J = J_T + m \cdot r^2 \quad (1)$$

J_T je moment setrvačnosti vzhledem k rovnoběžné ose procházející těžištěm tělesa, m je hmotnost tělesa a r je kolmá vzdálenost těžiště od osy rotace.

Momenty setrvačnosti jednotlivých prvků jsou vypočteny dosazením hodnot do vztahu (1).

$$J_{int} = 0,0751 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad J_{TV} = 4,568 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

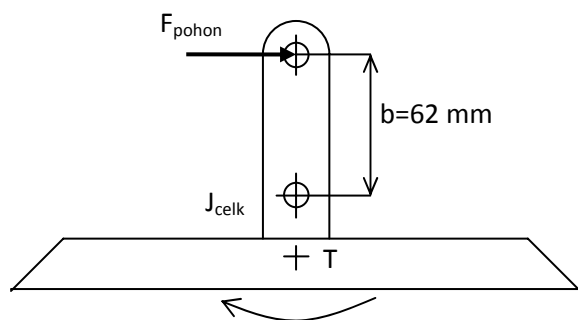
Celkový setrvačný moment:

$$J_{celk} = J_{int} + J_{TV} = 0,0751 + 4,568 = 4,643 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Dále je nutné určit úhlové zrychlení, při němž se televizor začne pohybovat. Za předpokladu dosažení úhlové rychlosti $\omega = 10$ [°/s] za $t = 0,1$ [s] udává sklon této přímky úhlové zrychlení.

$$\varepsilon = \tan \alpha = \frac{\omega}{t} = \frac{10}{0,1} = 100 \text{ } ^\circ/\text{s}^2 \quad \varepsilon [\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}] = \varepsilon [^\circ/\text{s}^2] \cdot \frac{\pi}{180} = \frac{100\pi}{180} = 1,74 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$$

Výpočet potřebné síly na pro pohyb obrazovky:



Obr. 7.1.2 Silový rozbor – náhled shora

Momentálně není bráno v úvahu tření, které působí v rotačních vazbách.

Momentová rovnice:

$$J_{\text{celk}} \cdot \varepsilon = M_{\text{pohon}} = F_{\text{pohon}} \cdot b \quad (2)$$

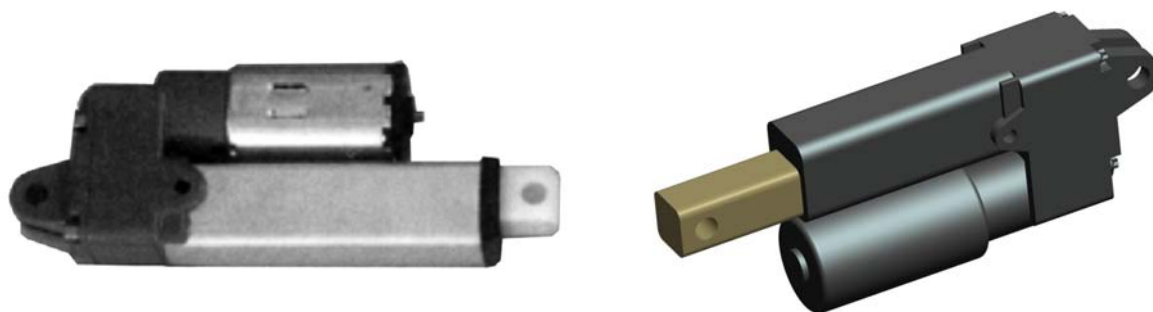
$$F_{\text{pohon}} = \frac{J_{\text{celk}} \cdot \varepsilon}{b} = \frac{4,643 \cdot 1,74}{0,062} = \underline{130,3 \text{ N}}$$

Síla potřebná pro pohyb televizoru je směrodatná při výběru konkrétního pohonu.

7.2 Výběr pohonu a jeho kontrolní výpočty

Pro výběr pohonu je důležité vědět sílu, kterou musí pohon vyvinout pro pohyb televizoru. Nejjednodušší variantou je výběr dostupné pohonné jednotky s lineárním výstupem, patřičným zdvihem a výkonem. Při návrhu je dobré uvažovat o možnosti nastavení manuální polohy obrazovky samotným uživatelem bez použití síly pohonu. Docílí se tak větší odolnosti polohovadla při náhodném kontaktu televizoru a člověka, který o ni zavadil. Nedojde k poškození pohonu, nýbrž k jeho přetlačení. Při tomto požadavku zvýšené odolnosti proti vnějším vlivům je nutné vybrat pohon s nesamosvorným pohybovým šroubem.

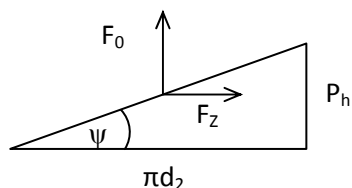
Byla vybrána pohonná jednotka s označením MHG 120/2-12-30 (Obr. 7.2.1)[29] s napájecím napětím 12 V a zdvihem 30 mm od distributora T.E.A TECHNIK. Lineární posun vytváří trapézový šroub Tr 10x6 (P3) s převodovkou o převodu 1:27,14. Maximální zdvižná síla je 500 N a rychlost zdvihu bez zatížení je 0-20 mm/s. Příkon motoru se pohybuje okolo 50W.



Obr. 7.2.1 Pohonná jednotka MHG 120/2-12-30 a jeho model v Pro/ENGINEER

Kontrola nesamosvornosti pohonu:

Při výpočtu samosvornosti se vychází z Obr. 7.2.2 a [3].



Potřebná síla zdvihu: $F_0 = F_{\text{pohon}} = 130,3 \text{ N} \cong 131 \text{ N}$

Parametry pohybového šroubu: - dvouchodý [4]

$d_2 = 8,5 \text{ mm}$ $\beta = 30^\circ$ $P = 3 \text{ mm}$

$d_3 = 7 \text{ mm}$ $f_z = 0,15$ $P_h = 2 \cdot P = 6 \text{ mm}$

Obr. 7.2.2 Zjednodušené

zobrazení závitu šroubu

$$\psi = \arctg \frac{P_h}{\pi \cdot d_2} = \arctg \frac{6}{\pi \cdot 8,5} = 12,66^\circ$$

$$\varphi' = \arctg \frac{f_z}{\cos \frac{\beta}{2}} = \arctg \frac{0,15}{\cos 15^\circ} = 8,8^\circ$$

Pro nesamosvorný šroub platí: $\psi > \varphi' \Rightarrow 12,66 > 8,8$ Šroub je nesamosvorný.

Účinnost pohybového šroubu: $\eta_s = \frac{\tg \psi}{\tg(\psi + \varphi')} = \frac{\tg 12,66}{\tg(12,66 + 8,8)} = 0,571 = 57,1 \%$

Pevnostní kontrola pohybového šroubu:

Tah $F_0 = 131 \text{ N}$ materiál: 11500 $\rightarrow R_e = 270 \text{ MPa}$

dvouchodý $\rightarrow \beta = 1,4$ $k_s \in 2 - 2,5 - 3 \rightarrow$ zvoleno 3

$$\beta \cdot \sigma_t \leq \sigma_{dt}$$

$$\beta \cdot \frac{F_0}{\pi \cdot \left(\frac{d'_3}{2}\right)^2} \leq \frac{R_e}{k_s} \Rightarrow d'_3 \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot k_s \cdot F_0}{\pi \cdot R_e}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{1,4 \cdot 3 \cdot 131}{\pi \cdot 2,7 \cdot 10^8}} = 1,61 \text{ mm} < 7 \text{ mm} (d_3) \Rightarrow$$

\Rightarrow vyhovuje

V tlaku:

$$\sigma_d = \frac{4 \cdot F_0}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 131}{\pi \cdot 0,007^2} = 3,4 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{F_z \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot d_3^3} = \frac{F_0 \cdot \tg(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot d_3^3} = \frac{131 \cdot \tg(12,66 + 8,8) \cdot \frac{0,0085}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot 0,007^3} = 3,25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma_d^2 + 4\tau^2} = \sqrt{3,4^2 + 4 \cdot 3,25^2} = 7,34 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{red}} \leq \sigma_D = \frac{R_e}{k_s} = \frac{2,7 \cdot 10^8}{3} = 90 \text{ MPa}$$

$$7,34 \leq 90 \quad \Rightarrow \quad \text{pevnostně vyhovuje}$$

Výpočet potřebné síly k přetlačení pohonu:

Síla F_{tl} , kterou je přetlačen pohon, závisí na klidovém momentu motoru, účinnosti pohonu a celkovém převodovém stupni.

$$F_{tl} = M_{\text{motor}} \cdot i_{př} \cdot i_s \cdot \eta_{př} \cdot \eta_s \quad (3)$$

Klidový moment motoru byl zjištěn experimentálně na podobném typu motoru a stanoven na hodnotu $M_{\text{motor}} = 0,001 \text{ Nm}$. Převodový stupeň převodovky je $i_{př} = 27,14$. Převodovka je dvoustupňová a její celková účinnost je dána součinem účinnosti jednotlivých soukolí.

$$\eta_{př} = \eta_{k1} \cdot \eta_{k2} = 0,96 \cdot 0,96 = 0,92 \quad - \text{ kde } \eta_{k1}, \eta_{k2} = 0,96 \text{ je účinnost jednoho soukolí [2]}$$

Výpočet převodového stupně pohybového šroubu:

$$\text{Moment šroubu:} \quad M_s = F_z \cdot \frac{d_2}{2} = F_0 \cdot \text{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} \quad M_s \cdot i_s \cdot \eta_s = F_0$$

$$M_s \cdot i_s \cdot \frac{\text{tg } \psi}{\text{tg}(\psi + \varphi')} = F_0 = \frac{2 \cdot M_s}{d_2 \cdot \text{tg}(\psi + \varphi')}$$

$$i_s = \frac{2}{d_2 \cdot \text{tg } \psi} = \frac{2}{0,0085 \cdot \text{tg } 12,66} = 1047$$

Po dosazení do vztahu (3) je vypočítána síla pro přetlačení pohonu, která má velikost $F_{tl} = 15 \text{ N}$.

Výpočet síly potřebné pro manuální pohyb obrazovky – výpočet tření

Při manuálním pohybu obrazovky je zapotřebí vynaložit sílu, která přetlačí nesamosvorný pohon a zároveň překoná celkové tření v rotačních vazbách.

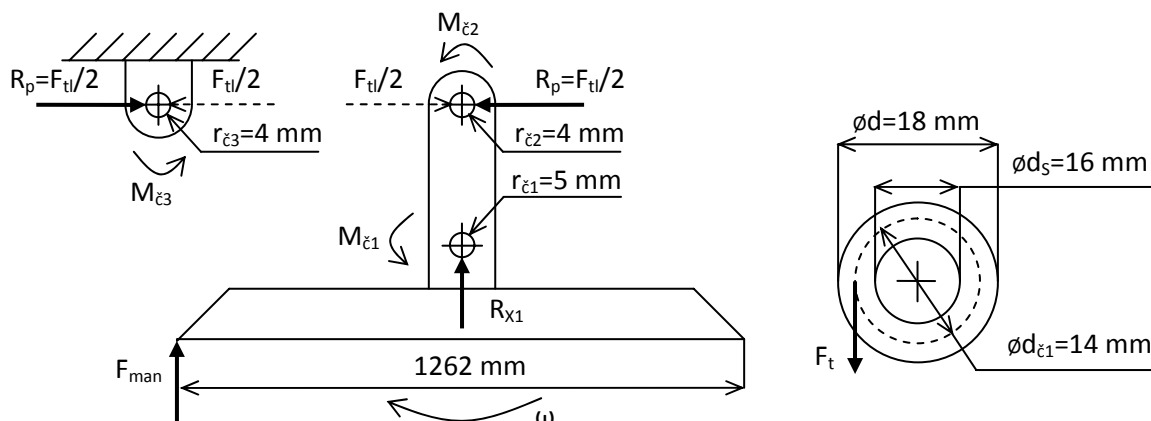
Výpočet tření:

Klidový součinitel smykového tření pro suchý povrch materiálů Ocel-Ocel je $f = 0,15 - 0,2$ [4]. Je zvolena pesimistická hodnota 0,2.

Součinitel čepového tření [2]:

$$\underline{f_c} = 1,5 \cdot f = 1,5 \cdot 0,2 = \underline{0,3}$$

Schéma:



Obr. 7.2.3 Vyobrazení reakcí a třecích momentů v modelu **Obr. 7.2.4** Axiální tření ložiska

Třecí moment čepu M_{Tc} [3]:

$$M_{Tc} = R \cdot f_c \cdot r_c \quad (4)$$

Po dosazení hodnot do vztahu (4) jsou vypočítány třecí momenty ve všech rotačních vazbách.

$$M_{c1} = R_{x1} \cdot f_c \cdot r_{c1} = 351,7 \cdot 0,3 \cdot 0,005 = 0,527 \text{ Nm}$$

$$M_{c2} = R_p \cdot f_c \cdot r_{c2} = \frac{F_{tl}}{2} \cdot f_c \cdot r_{c2} = \frac{15}{2} \cdot 0,3 \cdot 0,004 = 0,009 \text{ Nm}$$

$$M_{c3} = M_{c2}$$

Moment axiálního tření v čepu 1 je z Obr. 7.2.4 definován třecí silou $F_t = R_Y \cdot f$ působící na středním průměru d_s třecí plochy kluzného ložiska.

$$M_{T_{axialni}} = F_t \cdot \frac{d_s}{2} = R_Y \cdot f \cdot \frac{d_s}{2} = R_Y \cdot f \cdot \frac{d_s}{2} = 374,7 \cdot 0,2 \cdot 0,008 = 0,6 \text{ Nm}$$

Celkový třecí moment vychází z celkové konstrukce polohovadla a je dán momentem axiálního tření v čepu 1, dvojnásobkem tření v čepu 1 a čtyřnásobkem tření v čepu 2.

$$M_{T_{celk}} = M_{T_{axialni}} + 2 \cdot M_{c1} + 4 \cdot M_{c2} = 0,6 + 2 \cdot 0,527 + 4 \cdot 0,009 = \underline{1,69 \text{ Nm}}$$

Po vyčíslení celkového třecího momentu, je určena síla, kterou manuálně uvedeme televizor do pohybu. Rovnice vychází z Obr. 7.1.2 a Obr. 7.2.3.

$$F_{man} \cdot \frac{1,262}{2} = F_{tl} \cdot b + M_{T_{celk}} \Rightarrow \underline{F_{man}} = \frac{F_{tl} \cdot b + M_{T_{celk}}}{0,631} = \frac{15 \cdot 0,062 + 1,69}{0,631} = \underline{4,15 \text{ N}} \quad (5)$$

Výpočet potřebné síly pohonu pro pohyb televizoru při zahrnutí tření:

Doplněním tření do momentové rovnice (2) je získán tvar:

$$J_{\text{celk}} \cdot \varepsilon = F_{\text{pohon}} \cdot b - M_{\text{Tcelk}} \quad \Rightarrow \quad F_{\text{pohon}} = \frac{J_{\text{celk}} \cdot \varepsilon + M_{\text{Tcelk}}}{b} = \frac{4,643 \cdot 1,74 + 1,69}{0,062} = 157,6 \text{ N} \quad (6)$$

Porovnáním potřebné síly s maximálně možným zatížením pohonu lze získat celkovou rezervu pohonu. Tímto je ověřena správná volba pohonné jednotky.

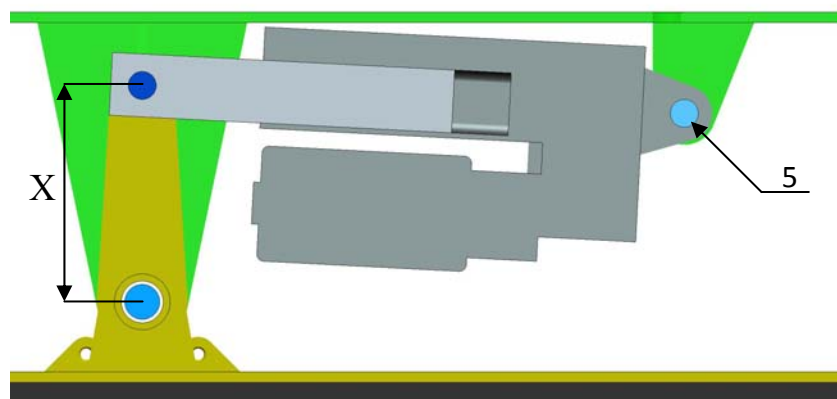
Zvýšení odolnosti zařízení proti otřesům lze docílit doplněním třecí brzdy zvyšující celkový třecí moment M_{Tcelk} . Chceme-li dosáhnout dvojnásobné odolnosti zařízení ($F_{\text{man}} = 8,3 \text{ N}$), provedeme opětovný výpočet (5) a (6) a výslednou sílu $F_{\text{pohon}} = 200 \text{ N}$ porovnáme s parametry pohonu. Třecí moment M_{Tcelk} je dán součtem tření v kloubových vazbách a momentem brzdy M_B , přičemž $M_B = 2,61 \text{ Nm}$ odpovídá momentu utažení brzdy.

7.3 Popis konstrukčního uspořádání a jednotlivých komponentů

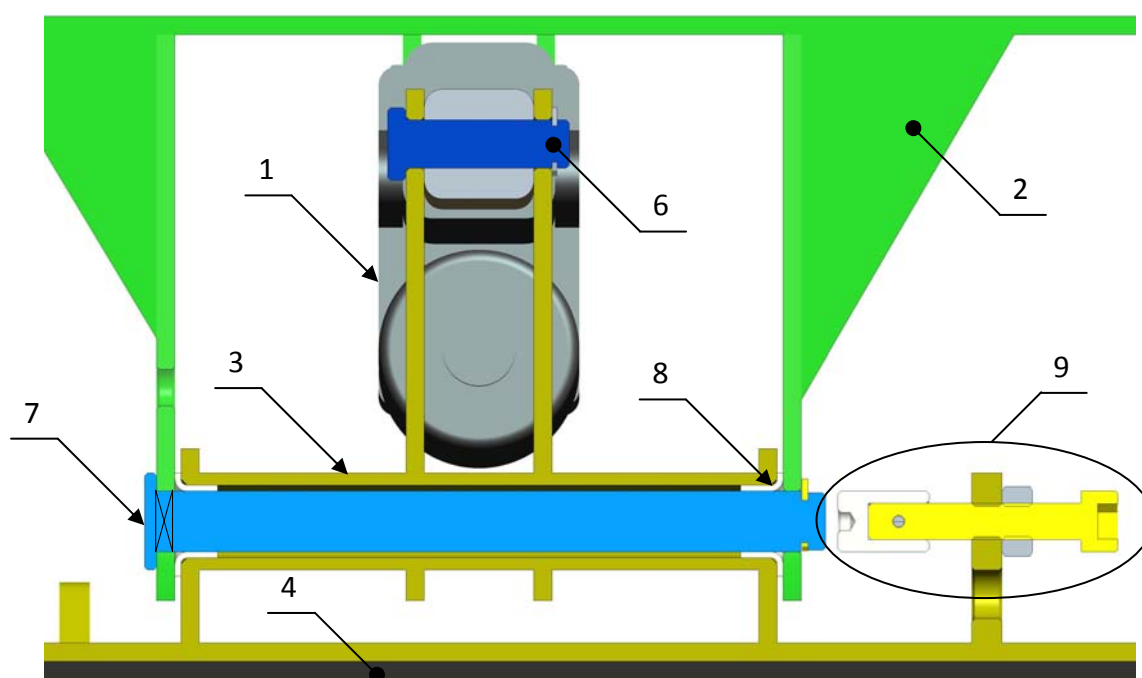
Princip této varianty spočívá ve vytvoření momentu natočení televizoru vlivem síly pohonu působícího na rameno X (Obr. 7.3.1). Celá sestava je tvořena 3 hlavními prvky – pohonná jednotka 1, nástěnná konzole 2 a pohyblivý interface 3, na kterém je nainstalován televizor 4. Pohon je přichycen pomocí čepů 5 a 6 s třmenovými kroužky ke 2 a 3. Interface, a tedy celý televizor, se otáčí kolem osy centrálního čepu 7, který je tvarovou vazbou pevně spojen s nástěnnou konzolí. Protože v silovém rozboru byly zjištěny axiální a radiální reakce, bylo vybráno jako ložisko mezi centrálním čepem a interfacem kluzné pouzdro s axiálním a radiálním zatížením z normalizované řady 8. Nesamosvornost pohonné jednotky umožní manuální vychýlení televizoru. Síla potřebná pro manuální vychýlení (5) se mění s velikostí třecího momentu. Pro zvýšení odolnosti zařízení proti náhodnému kontaktu s uživatelem je zapotřebí zvýšit třecí moment brzdou. Kvůli spolehlivosti a konstrukční jednoduchosti byla navrhnutá mechanická třecí brzda 9, skládající se z třecího lůžka, stavěcího šroubu a aretační matice. Stavěcím šroubem je nastaven (s ohledem na maximální sílu pohonu) požadovaný třecí moment, nutný pro zvýšení odolnosti systému. Při tření by nedocházelo k opotřebení středu třecího lůžka a to by se projevilo snížením třecího momentu brzdy. Proto je lůžko ve středu odlehčené.

Celkové upořádání pohonu je zobrazeno na Obr. 7.3.1 a Obr. 7.3.2.

- 1 - Pohonná jednotka
- 2 - Nástěnná konzole
- 3 - Interface
- 4 - Televizor
- 5, 6 - Čep pohonu
- 7 - Centrální čep
- 8 - Ložisko
- 9 - Brzda



Obr. 7.3.1 Řez modelu a popis použitých komponentů



Obr. 7.3.2 Konstrukční uspořádání

Popis jednotlivých komponentů:

Komplet se skládá z běžně dodávaných komponentů, do nichž patří pohonná jednotka popsaná v předchozí podkapitole nebo kluzné pouzdro s možností axiálního a radiálního zatížení, a z individuálních prvků zhotovených různou technologií výroby (obrábění, svařování) - čepy, nástěnná konzole a interface pro televizor.

a) Pohonná jednotka - 1

Její popis a parametry jsou uvedeny v předchozí podkapitole 7.2.

b) Nástěnná konzole - 2 a Interface - 3

Model lze považovat za prototyp, a proto se technologie výroby prvních komponentů bude lišit proti sériové výrobě. Prvky jsou vyrobeny různou technologií, nejčastěji však laserovým řezáním z válcovaného plechu tloušťky 3 mm a poté jsou vhodnou metodou svařeny.

c) Čepy pohonu - 5 a 6

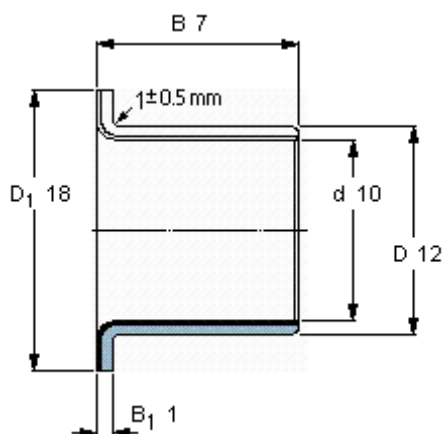
Čepy jsou tvořeny z oceli a zajištěny třmenovými kroužky. Při montáži musí být hlava čepu nahoře.

d) Centrální čep - 7

Je tvořen z oceli a také zajištěn třmenovým kroužkem. Po válcovém tvaru hlavy čepu následuje čtvercový profil, který svým tvarem zajišťuje pevné spojení s nástěnnou konzolí. Dále je profil čepu opět válcový s patřičnou přesností pro ložiska. Při montáži musí být hlava čepu nahoře.

e) Ložisko - 8

Kvůli působícím radiálním a axiálním silám vyčíslených v podkapitole 7.1 bylo vybráno normalizované kluzné pouzdro s přírubou PCMF 101207B z kompozitu B od firmy SKF Ložiska a.s [22]. Porovnáním reakcí v podkapitole 7.1 se zatěžovací silou ložisek v tabulce 7.3.1 lze konstatovat, že pouzdro je správně dimenzováno.



Obr. 7.3.3 Rozměry pouzdra v mm

Zatěžovací síla ložisek			
Radiální [kN]		Axiální [kN]	
dynamická	statická	dynamická	statická
4	12,5	8	25
Hmotnost: 0,0031 kg			
Koeficient suchého tření: 0,03 – 0,25			
Tolerance díry H7 a hřídele f7			
Kvalita povrchu styčných ploch: $R_a \leq 0,4$			

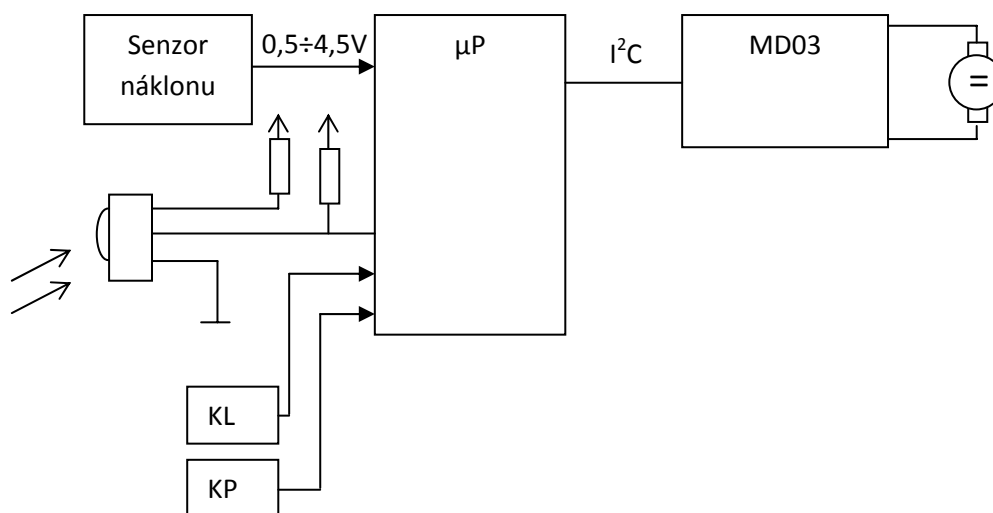
Tabulka 7.3.1 Parametry ložiska

f) Brzda - 9

Skládá se ze šroubu M6, který má poblíž svého konce otvor pro závlačku. Třecí element je spojen se stavěcím šroubem již zmiňovanou závlačkou. Aretační matice kontruje šroub.

7.4 Blokové schéma řízení

Dalším krokem, následujícím po vyřešení strojní části, je návrh řídicí jednotky. Je nutné vybrat příslušné snímače, které budou dávat informaci o aktuální poloze televizoru, zajistit komunikaci s uživatelem a samozřejmě umět ovládat použitou pohonnou jednotku. Ze schématu zapojení bude navržena deska plošných spojů. Na závěr bude veškerá elektronika implementována do strojního zpracování modelu.



Obr. 7.4.1 Blokové schéma řídicí jednotky

Základním prvkem řídicí jednotky je mikrokontrolér, který na základě informací od senzorů a podle vnitřního algoritmu ovládá pohon jednotky. Pro ovládání polohovadla televizoru je zapotřebí snímat jeho aktuální polohu natočení. Senzor polohy tak bude poskytovat analogový signál v rozsahu úměrném vychýlení. Tímto předpokladem vzniká požadavek na řídicí kontrolér, který musí obsahovat analogový vstup, nebo je zapotřebí použít externího A/D převodníku. Pro ovládání pohonu, a tedy naklápění celého televizoru, se může použít nástěnný ovladač s tlačítky. V některých případech je toto řešení vhodné, avšak při umístění televizoru do interiéru domu, jistě uvítáme možnost klasického IR dálkového ovládání. Senzor pro bezdrátové ovládání je IR přijímač s tvarovačem. Při použití snímače natočení lze celek osadit a doplnit o koncové spínače, které zastaví pohon v krajních polohách. Pro řízení méně výkonných pohonů může být využito integrovaných obvodů

s implementovanými H-můstky. Pro větší proudy motorem je výhodnější použití samostatné řídicí jednotky podřízené hlavnímu mikroprocesoru.

7.5 Senzor náklonu

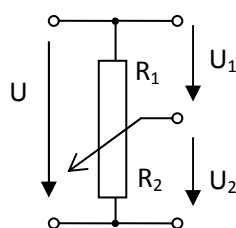
Pro měření úhlu natočení lze použít senzory založené na různých fyzikálních principech. Senzory polohy a úhlu natočení dělíme na:

- **relativní** – dojde-li k výpadku napájení při měření, nelze opětovně zjistit výchozí polohu.
- **absolutní** – dávají informaci o absolutní poloze. I po výpadku napájení lze zjistit, v které poloze se nachází.

Druhy senzorů polohy a úhlu natočení:

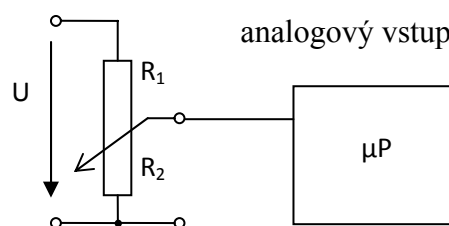
1) Odporový:

Principem tohoto měření je změna odporu v závislosti na úhlu natočení. Typickým představitelem je potenciometr v zapojení děliče napětí (Obr. 7.5.1).



$$U_1 = U \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Obr. 7.5.1 Dělič napětí



Obr. 7.5.2 Připojení k mikroprocesoru

Jeho změna odporu je převedena na napěťový signál s rozsahem velikosti napájecího napětí U . Připojení senzoru k mikroprocesoru zobrazuje Obr. 7.5.2. Ideální je použití lineárního potenciometru, u něhož je změna odporu lineární závislostí natočení. Jedná se o absolutní snímač, protože i po výpadku napájení můžeme zjistit výstupní napětí senzoru. Jedinou, avšak podstatnou nevýhodou, je jeho omezená životnost. Při otáčení dochází k vydrhnutí odporové dráhy jezdcem.

2) Optické

Těmto elektromagnetickým převodníkům se také říká enkodéry. Převádí rotační pohyb na posloupnost elektrických impulsů [6]. Převodník se skládá z optického vysílače, optického přijímače a kódového kotouče. Princip je obdobný jako u optické závory – světlo z vysílače

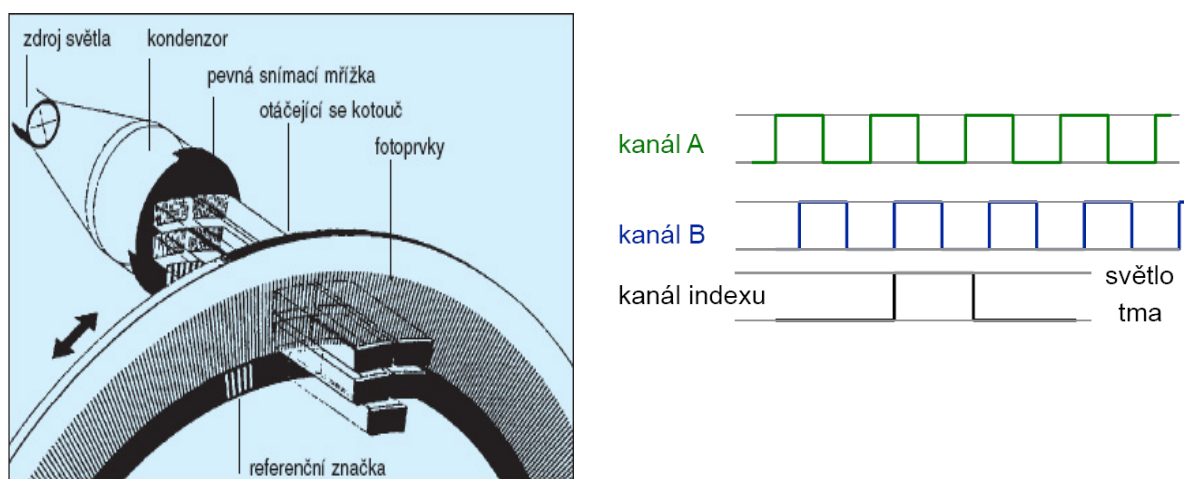
prochází kotoučem (pouze otvory) a dopadá na přijímací část. Vyhodnocením, zdali záření prošlo přes clonku, nebo ne, se vytvoří digitální signál [18].

Rozdělení optických senzorů: Relativní – inkrementální

Absolutní

Inkrementální (IRC):

Přijímací část se skládá ze dvou bodů vzájemně posunutých o polovinu vzdálenosti štěrbin na stínítku. Při otáčení kotouče tak vznikají dva kanály pulsů (A, B), které jsou vzájemně posunuté o polovinu pulsu. Na stínítku je však ještě jedna štěrbina sloužící jako kontrolní při otočení o 360° .

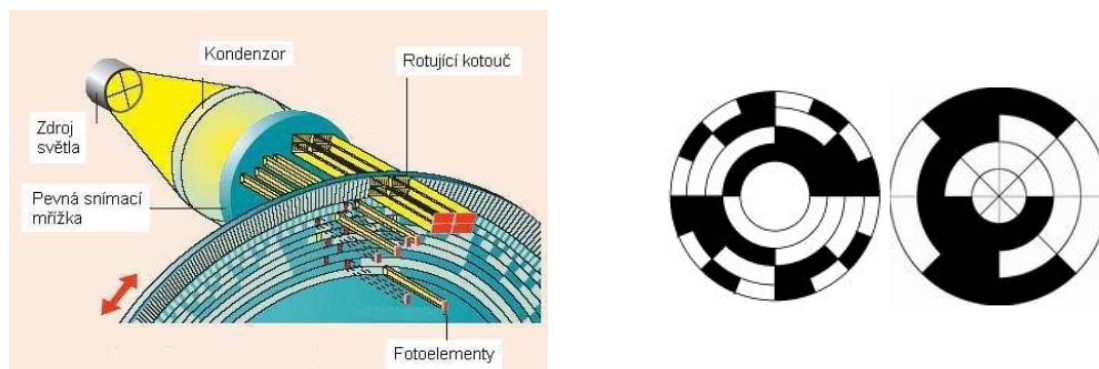


Obr. 7.5.3 Princip inkrementálního senzoru a průběhy jeho kanálů

Pro připojení senzoru k mikropočítači je zapotřebí kvadrurního dekodéru, který převádí signály z kanálu A a B na sérii pulsů a výstupní informaci o směru otáčení enkodéry. Pořizovací cena IRC se pohybuje u jednodušších typů kolem 1500 Kč až po průmyslové provedení v řádu jednotek tisíc.

Absolutní:

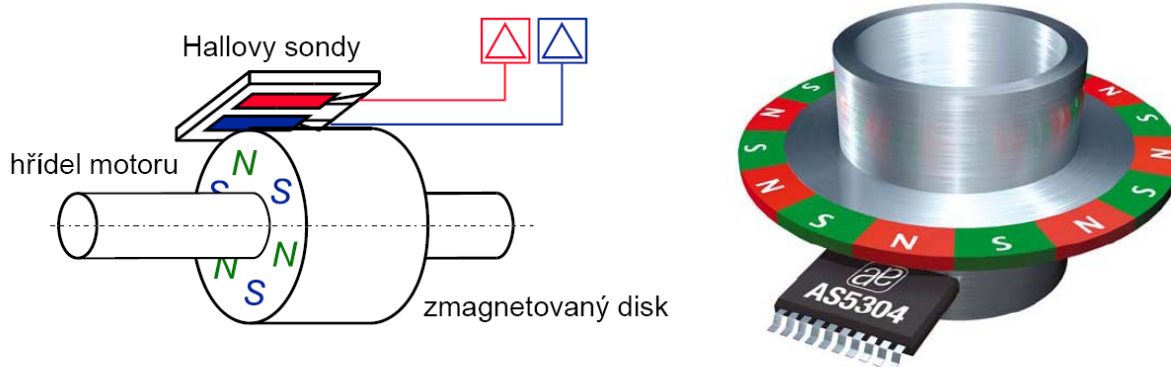
Princip je stejný jako u inkrementálních snímačů. Rozdíl je v kódovacím kotouči, který kóduje polohu natočení do binárního nebo Grayova kódu, informace o poloze je tak vysílána jako n-bitová [6]. Pro přenos musí senzor mít větší počet přívodních vodičů. Díky složitější konstrukci je cena absolutního senzoru vyšší než u standardního IRC.



Obr. 7.5.4 Provedení absolutního snímače a kódovacího kotouče ve standardním kódu (vlevo) a Grayově kódu (vpravo)

3) Magnetické

Tyto senzory se skládají ze dvou Hallovyh sond a zmagetovaného disku (Obr. 7.5.5) [6]. Využívají princip Hallova jevu – působením magnetického pole disku se na sondách generuje napětí, které se pro zpracování dále zesiluje a upravuje.



Obr. 7.5.5 Princip magnetického senzory polohy a jeho podoba v praxi

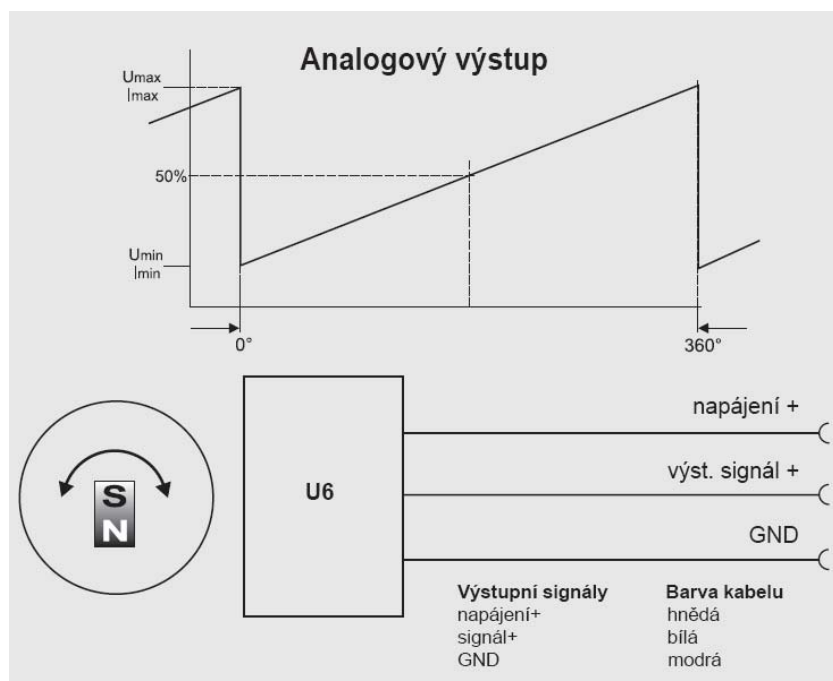
4) Inklinometr

Úhlový senzor založený na magnetickém principu snímá vychýlení pohyblivé části a převádí ho na napěťový signál.

Pro měření úhlu natočení obrazovky byl použit bezkontaktní rotační a úhlový polohový senzor PRAS20 od společnosti POSIROT® [23], který je používán na katedře robototechniky VŠB-TUO. Tyto senzory využívají technologii Hallova jevu, přičemž se skládají ze dvou částí (Obr. 7.5.7): pevnou část tvoří samotný senzor PRAS20, jehož elektronika je chráněna plastovým pouzdrem odolným proti vibracím a otřesům, a pohyblivou část tvoří polohový

magnet PRMAG20. Měření polohy je bezdotykové (mezi komponenty je vzduchová mezera), a tudíž nedochází k opotřebení dílů. Senzor generuje absolutně měřené hodnoty v rozsahu 0° – 360° s analogovým výstupním signálem 0,5 – 4,5V.

Senzor může detekovat i otočení větší než 360° . Dojde k pomyslnému přetečení a výstupní napětí skokově přejde z maximální do minimální hodnoty (viz. Obr. 7.5.6).



Obr. 7.5.6 Průběh výstupního signálu v závislosti na úhlu natočení magnetu a popis přívodních vodičů

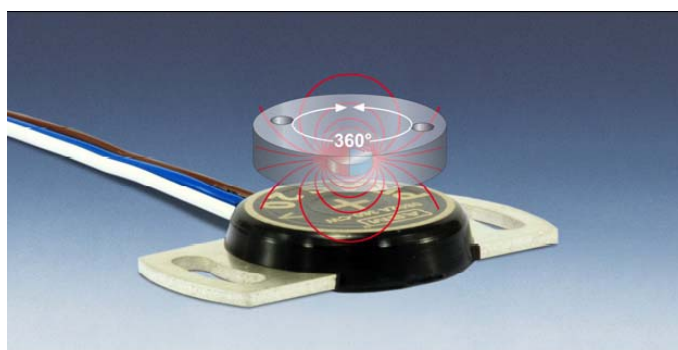
Pevná část obsahující samotný senzor je obvykle instalována na základnu zařízení a pohyblivá část na rotující objekt v ose otáčení. Speciálně ploché provedení částí umožňuje použití senzoru i v místech malého zástavbového prostoru.

Základní technické parametry PRAS20:

Napájení	+5 V DC $\pm 10\%$
Odběr proudu	20 mA max. (10 mA typ.)
Výstupní napětí	0,5 až 4,5 V DC
Výstupní proud	2 mA max.
Zátěž na výstupu	$>3\text{ k}\Omega$
Frekvence	1 kHz

Provozní teplota	-40 až +85 °C
Rozsah měření	0° až 360°
Výstup	0,5 až 4,5 V
Rozlišení	0,03 %
Vzdálenost senzoru od magnetu	max. 5 mm
Ochrana proti	přepólování a zkratu

Pro přesnější informace o použitém inklinometru a jeho rozměrech je možné nahlédnout do katalogového listu [23].



Obr. 7.5.7 Ukázka inklinometru PRAS20 s polohovým magnetem

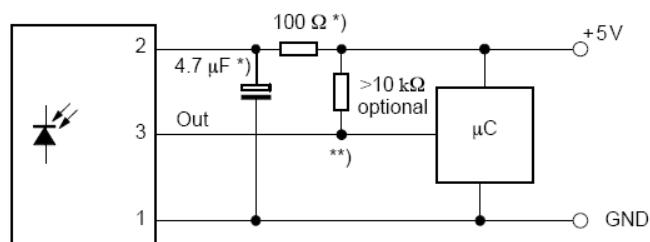
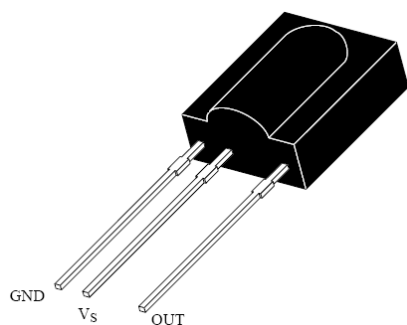
7.6 IR senzor

Polohu televizoru lze ovládat pomocí IR dálkového ovládání. Jako vysílač bude použit standardní ovladač a příjem zajistí vhodný IR senzor s tvarovačem. Aby tyto části spolu správně komunikovaly, je nutné zajistit vysílání a příjem IR signálu na stejném kmitočtu – nejčastěji se jedná o modulační kmitočet 36kHz.

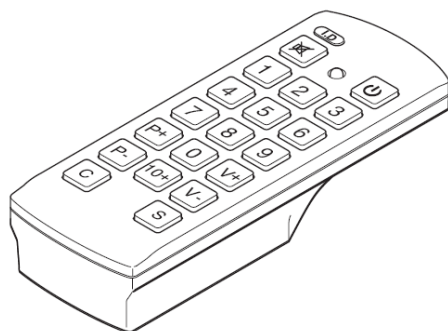
Jako přijímací senzor byl zvolen SFH 506-36 (Obr. 7.6.1) [25]. V tabulce 7.6.1 jsou uvedeny jeho základní parametry.

f_0	U_{IN}	I_{IN}	U_{OUT}	I_{OUT}	P_d	pouzdro
36 kHz	-0,3...6 V	5 mA	-0,3...6 V	5 mA	50 mW	V506

Tabulka 7.6.1 Technická specifikace SFH 506-36

**Obr. 7.6.1** Pouzdro SFH 506-36**Obr. 7.6.2** Připojení SFH 506-36 k mikroprocesoru

K některým mikroprocesorům je možné přímo na jeden z jeho vstupních pinů připojit výstup senzoru (Obr. 7.6.2). Detailní popis připojení IR senzoru je dále rozpracován v příslušných manuálech mikroprocesoru. Na následujícím obrázku je uveden dálkový ovladač (Obr. 7.6.3), který je možné použít v případě aplikace zmiňovaného senzoru. Hodnoty, které posílá při stisku jednotlivých tlačítek, jsou uvedeny v tabulce 7.6.2. Napájení ovladače zajišťují 3 AAA baterie.

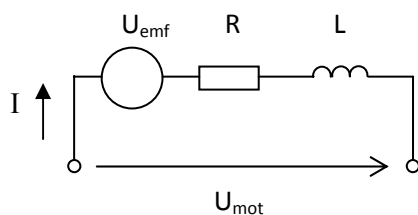


Klávesa	Hodnota	Klávesa	Hodnota
1	1	P+	10
2	2	0	11
3	3	V+	12
4	4	P-	13
5	5	10+	14
6	6	V-	15
7	7	Mute	16
8	8	Power	17
9	9		

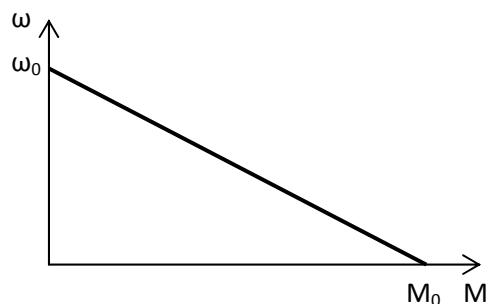
Obr. 7.6.3 IR dálkový ovladač TVR010**Tabulka 7.6.2** Výpis hodnot ovládacích tlačítek

7.7 Základní principy řízení ss motorů

Navržená pohonná jednotka obsahuje stejnosměrný motor s permanentními magnety. Motor tak lze překreslit na schéma (Obr. 7.7.1) [6].



Obr. 7.7.1 Schéma stejnosměrného motoru s permanentními magnety



Obr. 7.7.2 Lineární charakteristika stejnosměrného motoru s permanentními magnety

Na mechanické charakteristice motoru (Obr. 7.7.2) si všimněme dvou bodů. Moment při nulových otáčkách je rozběhový moment M_0 , ω_0 jsou otáčky naprázdno.

Z uvedeného obrázku lze odvodit rovnici motoru při ustáleném stavu [6]:

$$U_{\text{mot}} = U_{\text{emf}} + U_R \quad (U_R - \text{úbytek na odporu, } U_{\text{emf}} - \text{elektromotorické napětí})$$

Úbytek U_L na indukčnosti vinutí se uplatní pouze v průběhu změn proudu, tedy změn zatížení, a v uvažovaném ustáleném stavu se nevyskytuje.

Platí-li $U_R = R \cdot I$ a elektromotorické napětí $U_{\text{emf}} = \frac{\omega}{k_n}$, kde k_n je konstanta motoru, po

dosazení do rovnice motoru lze odvodit vztah pro rychlost otáčení motoru:

$$\omega = k_n \cdot U_{\text{mot}} + k_n \cdot R \cdot I$$

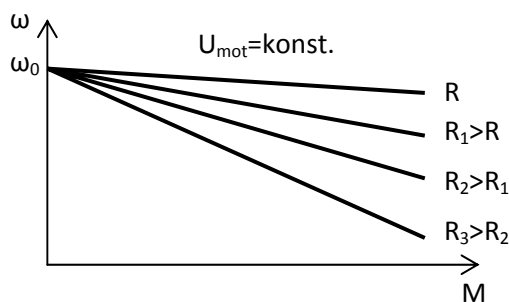
Rychlost stejnosměrného motoru je možno řídit:

- a) vnějším odporem připojeným do série k odporu motoru R [5]

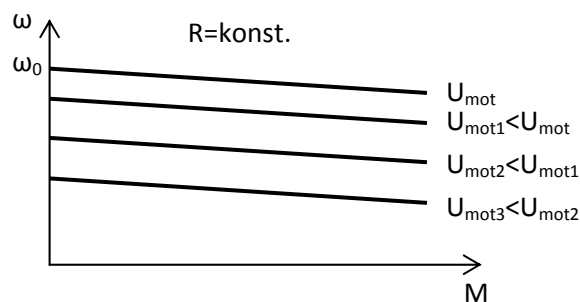
Změna odporu se projeví na mechanické charakteristice (Obr. 7.7.3). Tento způsob se v dnešní době u pohonů neuzívá vzhledem k tomu, že se jedná o neekonomický způsob řízení rychlosti. Elektrická energie se ve vnějším odporu přeměňuje v teplo.

- b) napájecím napětím motoru U_{mot} [5]

Změnou napájení U_{mot} měníme velikost rychlosti naprázdno ω_0 . Na velikost úbytku rychlosti nemá tato změna vliv, takže mechanické charakteristiky jsou rovnoběžné (Obr. 7.7.4).



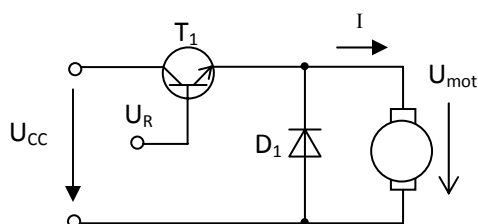
Obr. 7.7.3 Mechanické charakteristiky motoru s přidavným sériovým odporem



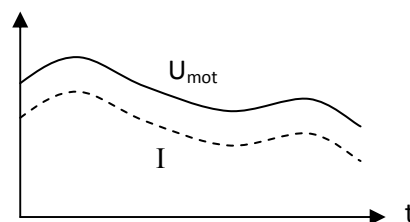
Obr. 7.7.4 Mechanické charakteristiky motoru se změnou napájecího napětí

c) jednokvadrantovým proudovým regulátorem [6]

Obvod je tvořen výkonovým lineárním tranzistorem a diodou (Obr. 7.7.5). Na bázi tranzistoru je přiveden řídicí spojitý signál U_R . Podle tohoto signálu je modulován proud protékající motorem (Obr. 7.7.6). Napájecí napětí se skládá z napětí na motoru U_{mot} a úbytku na přechodu kolektor-emitor tranzistoru T_1 . Dioda D_1 tvoří ochranu proti zápornému napětí, které generuje motor. Řízení otáček motoru je tedy spojité a pouze pro jeden směr otáčení.



Obr. 7.7.5 Schéma proudového regulátoru

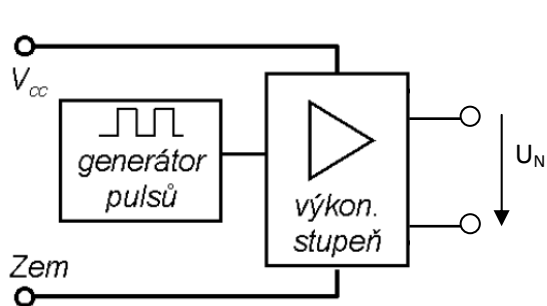


Obr. 7.7.6 Napětí a proud motorem

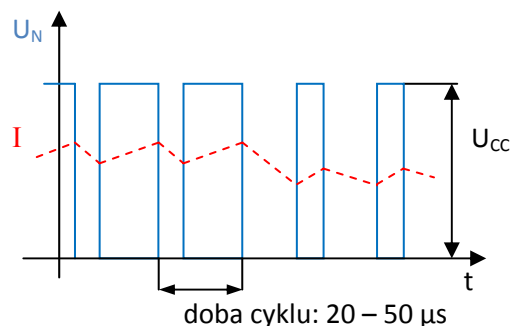
d) pulsním měničem (PWM - pulse width modulation/pulsně šířková modulace) [6]

Princip jeho funkce vychází z výše popsaného regulátoru. Rozdíl je pouze v záměně lineárních tranzistorů za spínací. Na vstup řídicí části měniče přivádíme konstantní napětí a jeho výstupem jsou impulsy o velikosti napájecího napětí s konstantní frekvencí a řízenou šířkou (Obr. 7.7.8). Šířku impulsu řídíme dobou sepnutí výkonového tranzistoru. Protože výkonové tranzistory pracují v režimu spínače, (tzn., jsou buď zcela otevřeny, nebo zcela zavřeny) nevznikají na nich téměř žádné ztráty. Indukčnost vinutí motoru způsobí, že proud do vinutí nestačí sledovat rychlé změny napětí a průběh proudu je více nebo méně zvlněný. Chceme-li proud lépe vyhladit, musíme zvýšit frekvenci pulsů nebo indukčnost. Již zmiňovanou výhodu nízké ztráty výkonu doplňuje vysoká účinnost a možnost použití u

pohonů s vysokými výkony. Tranzistory jsou spínány s určitou frekvencí spadající do rozhlasového pásma. Toto spínání může vyvolat elektromagnetické rušení. Nevýhodou tohoto řízení jsou vysoké ztráty v případě zastaveného motoru (např. přetížení).



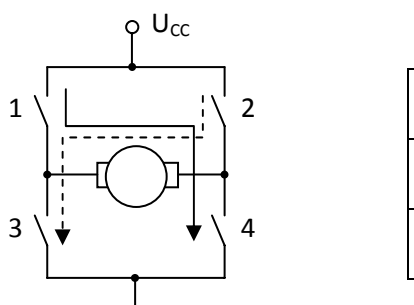
Obr. 7.7.7 Pulsní měnič



Obr. 7.7.8 Průběh veličin při PWM řízení

Reverzace pohonu a její realizace:

Reverzace pohonu lze docílit změnou proudu motoru. Nejjednodušší variantou je přepólovat napájecí zdroj, v praxi však nelze neustále měnit polaritu zdroje, proto se nejrozšířenější variantou stalo použití H-můstku. Tento způsob umožní opačný chod motoru při použití unipolárního napájení. Struktura je tvořena čtyřmi kontakty, které jsou spínány diagonálně. V jednom případě jsou sepnuty kontakty 1 a 4 (—) a pro opačný směr otáčení vedou kontakty 2 a 3 (- - -). Řídící logika musí zajistit sepnutí jedné dvojice spínačů a rozepnutí druhé, jinak by došlo ke zkratu zdroje.



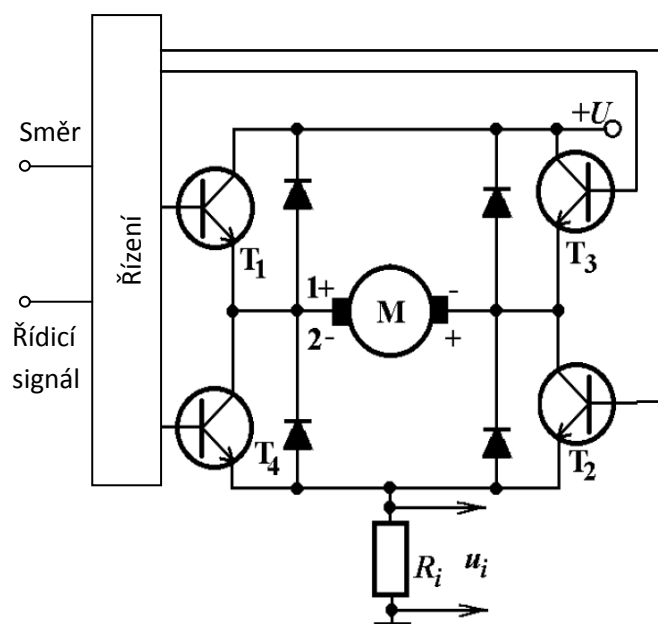
Obr. 7.7.9 Základní schéma H-můstku

Směr otáčení motoru	Sepnuté kontakty
vpravo	1 a 4
vlevo	2 a 3

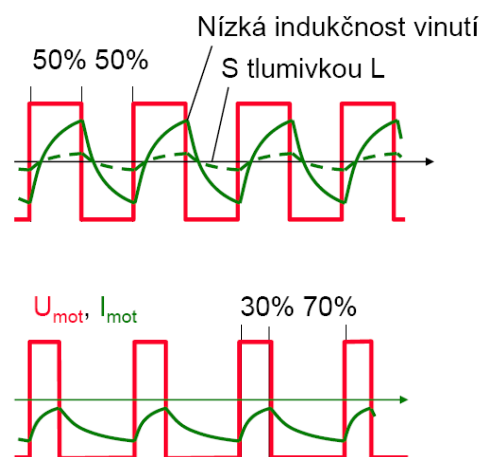
Tabulka 7.7.1 Řídící logika H-můstku

Ve většině aplikací se mechanické kontakty nahrazují výkonovými tranzistory. Je-li nutné spojitě řídit velikost proudu motorem, jsou použity lineární tranzistory a pro PWM řízení jsou aplikovány tranzistory pracující ve spínacím režimu.

Řízení otáček motoru pomocí PWM a ovládání směru realizuje zapojení čtyřkvadrantového (dále jen 4-Q) pulsního měniče (Obr. 7.7.10) [18], jehož výstupní charakteristiky jsou zobrazeny na Obr. 7.7.11. Diody plní ochrannou funkci. Odpor R_i v zapojení snímá proud můstku, který slouží pro použití proudové zpětné vazby nebo tvoří nadproudovou ochranu výkonových tranzistorů.



Obr. 7.7.10 4-Q pulsní měnič s bipolárními tranzistory



Obr. 7.7.11 Příklady průběhů veličin pro různou střidu signálu

7.8 Řídicí jednotka vybraného pohonu

Pro řízení zvoleného pohonu byla vybrána jednotka **MD03**, [19] fungující na principu 4-Q pulsního měniče. Je schopna dodávat do motoru proud 20 A při 24 V. Otáčky motoru jsou řízeny PWM modulací s frekvencí 15 kHz a H-můstkem. Modul potřebuje dvojí napájení.

1. Standardních 5V pro napájení logických obvodů s požadovaným proudovým maximem 50mA.
2. Napájení MOSFET-ového H-můstku s motorem v rozmezí 5 – 24V při odběru až 20A.

Způsoby ovládání jednotky:

- a) Mód 1: **0V – 2.5V – 5V**

V tomto módu je motor řízený analogovým napěťovým signálem v rozsahu 0 – 5V připojeným na svorku označenou SDA. Svorka SCL není používána, a proto by měla

být připojena k +5V nebo 0V. Úroveň 0V představuje chod „Zpět“, 2,5V je poloha „Stop“ a úroveň 5V znamená chod „Vpřed“. Kolem střední polohy 2,5V je mrtvé pásmo s velikostí 2,7%, které umožňuje vypnutí pohonu. Vstupní impedance je 47kΩ.

b) Mód 2: 0V – 5V (nebo PWM signál) a samostatné řízení směru

Řídicí signál je opět v rozsahu 0 – 5V, přičemž 0V znamená pozici „Stop“ a napětí 5V maximální otáčky. Tento signál je opět připojen na svorku SDA. Svorka SCL s logikou TTL je nyní využita pro určení směru otáčení motoru. Logická úroveň L nastaví chod „Zpět“ a logická úroveň H chod „Vpřed“.

Analogový signál 0 – 5V lze také nahradit PWM signálem se stejnou amplitudou a s frekvencí 20kHz a vyšší. Hodnota 0% činitele střídavy odpovídá 0V a 100% je rovno 5V.

c) Mód 3: RC mód

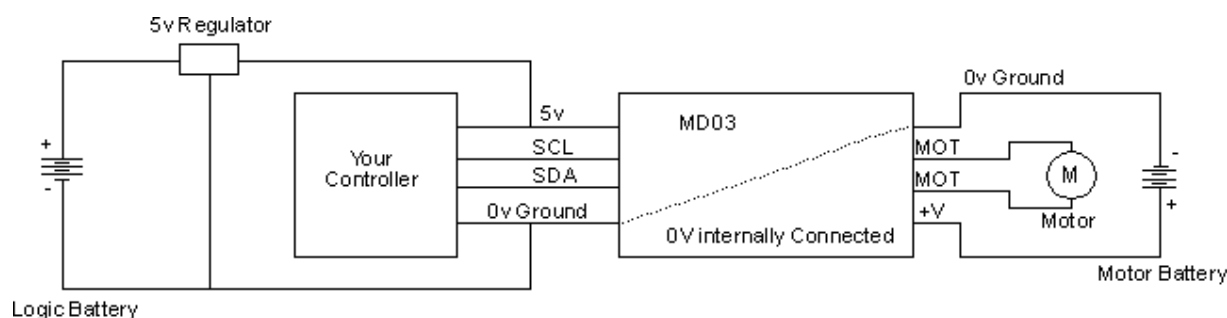
V tomto módu je možno ovládat jednotku modelářským signálem. Jelikož RC přijímače vyžadují napájení 5V, je možné je zajistit ze zdroje pro řídicí logiku jednotky. Řídicí signál (žlutý vodič) je připojený na svorku SDA a nepoužitá svorka SCL může být připojena na +5V nebo 0V. Výstupní signál z RC přijímače má šířku pulsu 1,5ms pro střední polohu ovládací páky. Rozsah šířky pulsu je od 1,1ms po 1,9ms. Jednotka umožňuje obousměrné řízení otáček motoru v celém tomto rozsahu, přičemž při šířce impulsu 1,5ms dojde k vypnutí pohonu.

d) Mód 4: I2C mód

Režim I2C umožňuje úplné řízení rychlosti, zrychlování a kontroly aktuálního stavu. Díky přítomnosti komunikační linky I2C můžeme jednotku MD03 připojit k různým mikrokontrolérům, jako jsou například PICAXE, OOPIC a BS2p nebo PIC, 8051 a H8. I2C interface umožňuje výběr z až 8 jednotek MD03.

Modul dále obsahuje tepelnou pojistku a omezení proudu, které je základně nastaveno na 20A.

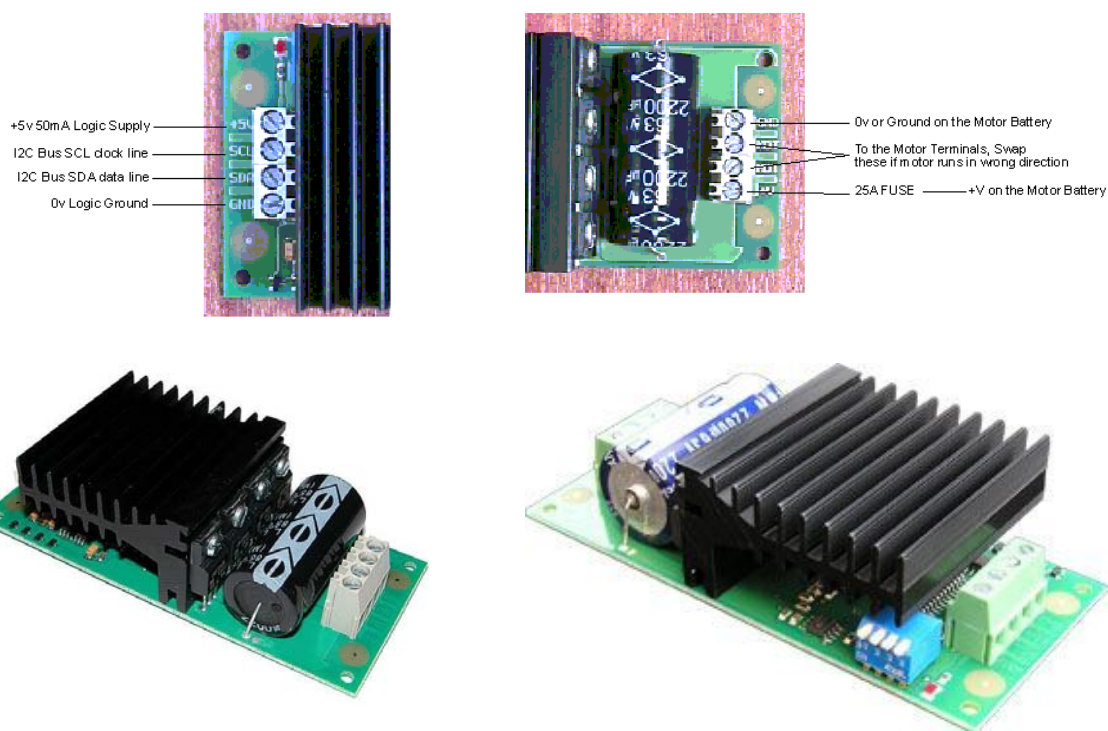
Rozměry: 113mm x 52mm x 30mm



Obr. 7.8.1 Doporučené zapojení řídicí jednotky MD03:

Řídicí a výkonová část se podle výrobce doporučuje napájet odděleně. Před připojením výkonového napájení jednotky se doporučuje zařadit do kladné části obvodu 25A pojistku. Není zapotřebí spojovat místa s nulovým potenciálem dohromady, protože toto spojení už zahrnuje sama jednotka. Při spojení zemí obou zdrojů vytvoříme zemnicí smyčku, která může vyvolat problémy.

Na následujících obrázcích jsou vyobrazeny detailní pohledy řídicí jednotky pohonu.

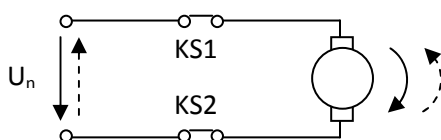


Obr. 7.8.2 Ukázka řídicí jednotky MD03 a detailní pohledy svorkovnic

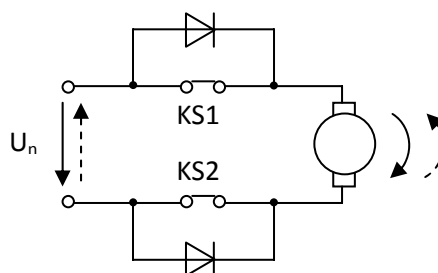
7.9 Použití koncových snímačů

V dalším kroku je nutné uvážit použití koncových spínačů (KS). Tyto taktilní senzory umožní při dosažení maximální krajní polohy přímé odpojení pohonu do napájení.

V jednodušších případech se KS zapojí bezprostředně za pohonem po jeho obou stranách, jak je ukázáno na Obr. 7.9.1. Tento obvod realizuje pouze odpojení pohonu. Ve většině případů se požaduje se zařízením opět pohybovat, nejčastěji v opačném směru. Např. po njetí do koncové polohy zdvižného zařízení je nutné se opět dostat do počáteční. Aby bylo možné při reverzaci spustit pohon, je doplněn obvod diodami (Obr. 7.9.2), které při inicializaci koncového stavu (přerušení elektrického obvodu) umožní vést proud opačným směrem, a tedy opačný chod pohonu. Stručně řečeno, i po dojetí zařízení do koncové polohy a odpojení pohonu je možný zpětný pohyb.



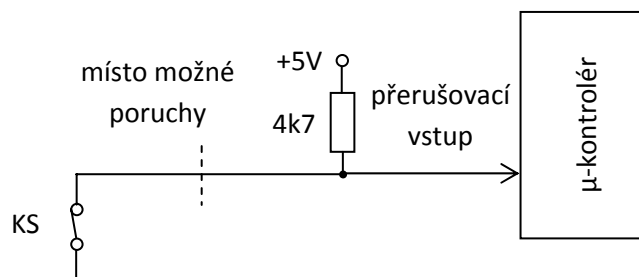
Obr. 7.9.1 Koncové spínače obvodu



Obr. 7.9.2 Zapojení KS s diodami

Nevýhodou při použití KS je časté opalování kontaktů spínačů. Při ovládání malých pohonů je možné skokově připojit napětí, protože proudy obvodem nedosahují velkých hodnot. U větších pohonů je to možné řešit podpurným obvodem obsahující relé s výkonovými kontakty. Při návrhu obvodu s KS je nutné správně dimenzovat výkonové spínače a diody.

Další možností pro detekci krajních poloh je použití softwarových koncových spínačů (SW KS). Umístění se příliš neliší od dříve popsanych taktálních senzorů. Rozdíl je pouze v připojení do struktury. SW KS jsou připojeny na přerušovací vstup nadřazeného mikrokontroléru (Obr. 7.9.3). Není-li spínač aktivován, na vstupu do mikrokontroléru je přivedená logická úroveň L. Dojde-li k rozepnutí, na vstupu se objeví log. úroveň H. Uvedené zapojení je vhodné použít i v případě, dojde-li k přerušení přívodního vedení senzoru. Tato porucha je vyhodnocena stejně jako aktivace senzoru a na vstupu mikrokontroléru bude logická úroveň H. Při přerušení je v algoritmu programu volán podprogram, kterým dojde k zastavení pohonu.



Obr. 7.9.3 Možný způsob připojení taktilního senzoru k mikrokontroléru

V případě této práce nemusí být použity taktilní senzory, protože koncová poloha obrazovky je indikována konkrétní velikostí napětím inklinometru. Tudíž je možné softwarově v programu nastavit maximální krajní meze napětí, které budou odpovídat dosažení krajních poloh obrazovky. Odezva systému na překročení intervalu napětí inklinometru bude znamenat zastavení pohonu.

7.10 Mikrokontrolér

Posledním krokem návrhu řídicí jednotky je výběr správného nadřazeného systému. Většinou řídicím členem je mikrokontrolér. Jeho volba je provedena s ohledem na již dříve zvolené periférie, s kterými musí umět komunikovat.

Požadavky na mikrokontrolér:

- analogový vstup pro inklinometr
- vstup pro přijímací IR LED
- možnost komunikace přes I2C linku
- dostupnost vývojových nástrojů

Pro účel této práce byl vybrán mikrokontrolér PICAXE-28X1[21], který všechny zmíněné požadavky splňuje.

Vlastnosti PICAXE-28X1:

- pouzdro DIL28
- náhrada PICAXE-28X
- 0-12 vstupů, 8-16 výstupů, 0-4 ADC (A/D převodník)
- programování v Basicu nebo pomocí vývojových diagramů

- velikost programu - 1000 řádků
- programovací prostředí je možné si zdarma stáhnout

PORT A (pin 2 až 5) nabízí 4 analogové vstupy (standardně) nebo až 4 digitální vstupy.

PORT B (pin 21 až 28) umožňuje připojení 8 pevných výstupů.

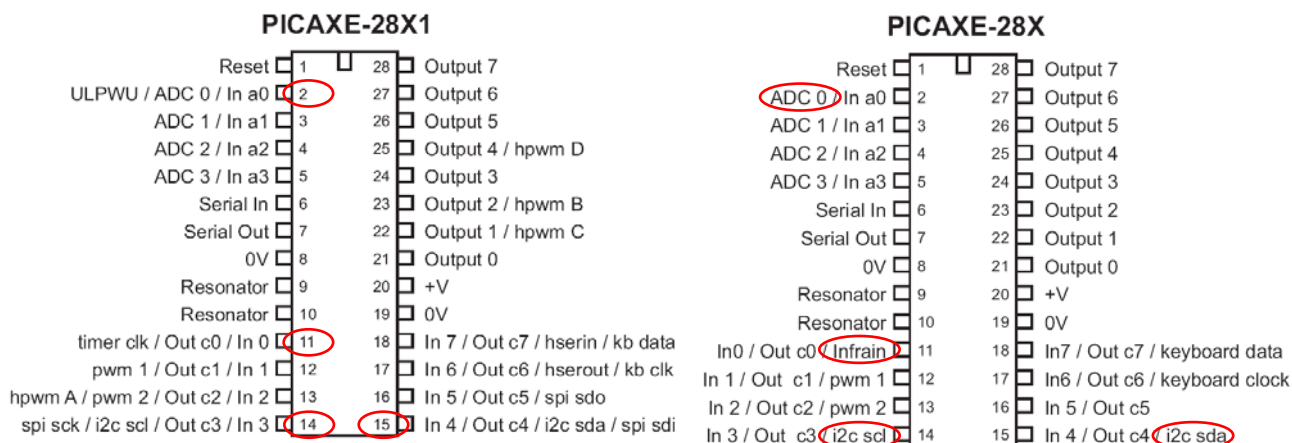
PORT C (pin 11 až 18) může být využit pro 8 digitálních vstupů (standardně) nebo až 8 výstupů.

Maximálně tak mikrokontrolér poskytuje 12 digitálních vstupů nebo 16 výstupů či 4 analogové vstupy.

Port	Pin	Standardní funkce	Druhá funkce	Speciální funkce
PORT A	2	analogový vstup 0	port A vstup 0	
	3	analogový vstup 1	port A vstup 1	
	4	analogový vstup 2	port A vstup 2	
	5	analogový vstup 3	port A vstup 3	
PORT B	všechny	pevné výstupy, které nemohou být změněny		
PORT C	11	vstup 0	port C výstup 0	infrared (vstup)
	12	vstup 1	port C výstup 1	pwm 1 (výstup)
	13	vstup 2	port C výstup 2	pwm 2 (výstup)
	14	vstup 3	port C výstup 3	i2c scl clock (vstup)
	15	vstup 4	port C výstup 4	i2c sda data (vstup)
	16	vstup 5	port C výstup 5	
	17	vstup 6	port C výstup 6	klávesnice clock (vstup)
	18	vstup 7	port C výstup 7	klávesnice data (vstup)

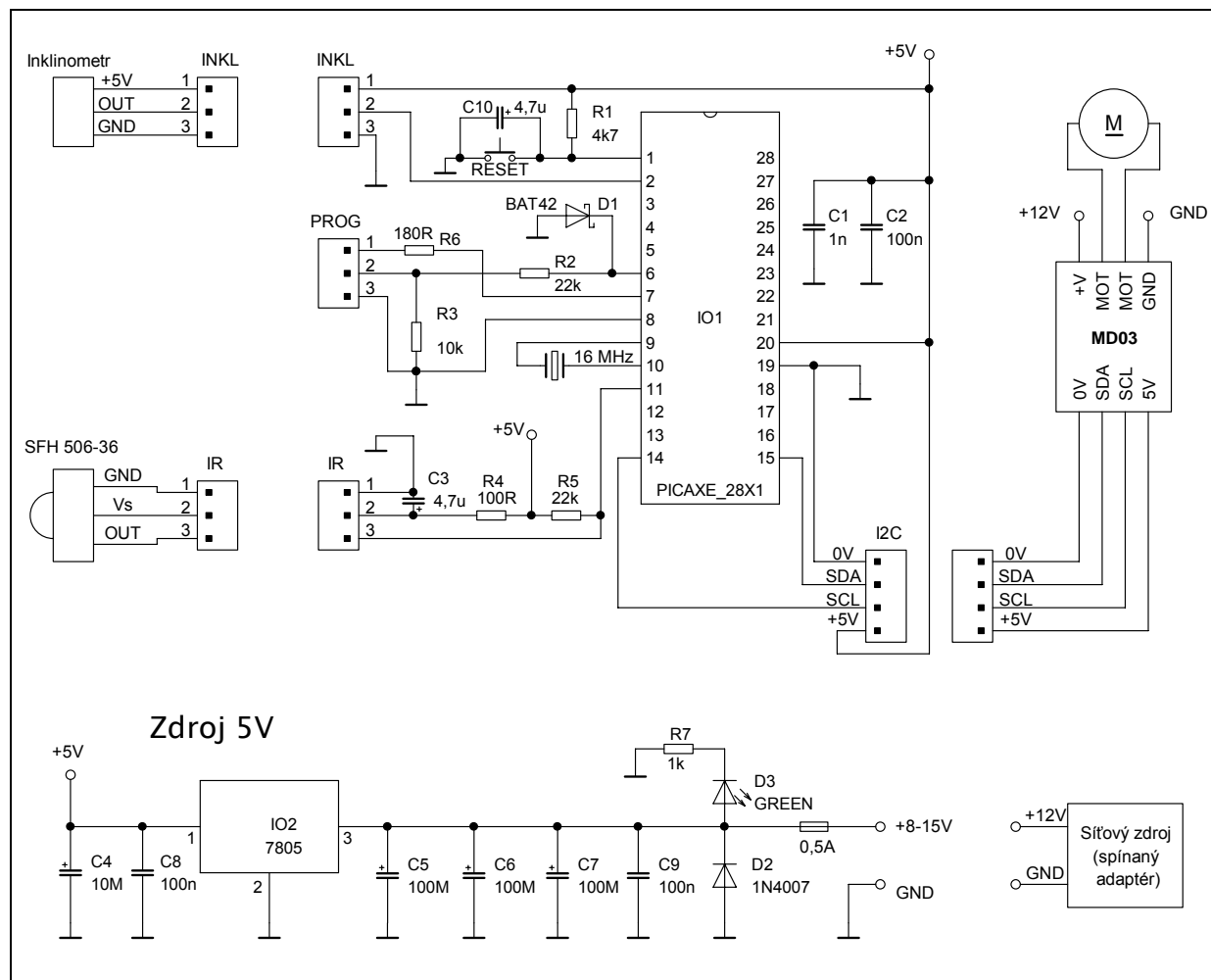
Tabulka 7.10.1 Výpis funkcí jednotlivých portů:

Vyobrazení čipu a kompletní popis jeho vývodu je na Obr. 7.10.1.



Obr. 7.10.1 Popis pinů použitého mikrokontroléru a označení vývodů pro připojení periférií

Obr. 7.10.2 Popis vývodů čipu třídy X a označení potřebných funkcí



Obr. 7.10.3 Schéma zapojení komponentů a mikrokontroléru

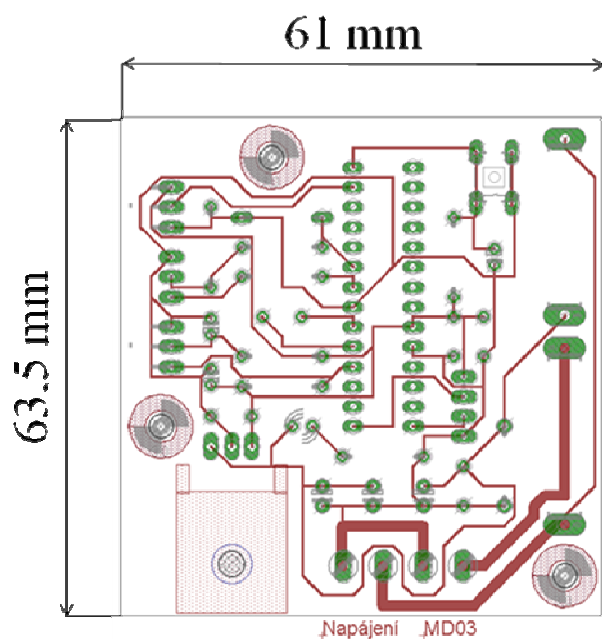
Popis schématu:

Mikrokontrolér je napájen stabilizovaným napětím 5V připojeným piny 19 a 20. Na pin 1 je připojeno tlačítko, při jehož stisknutí dojde k resetu mikrokontroléru. Tlačítko je překlenuto

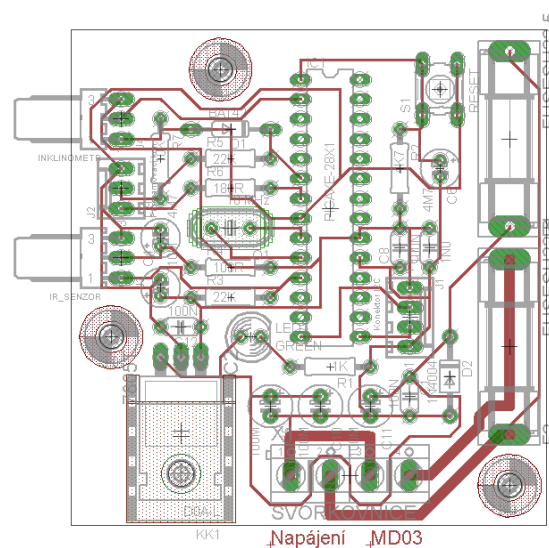
elektrolytickým kondenzátorem, který při výpadku napájení rovněž vyvolá reset. Analogový signál inklinometru je přiveden na pin 2. Kontrolér má na pinech 9 a 10 připojený externí 16 MHz krystal pro správnou synchronizaci. Piny 14 a 15 slouží k propojení a komunikaci I2C protokolem mikrokontroléru a řídicí jednotky motoru. Bude-li nutné v budoucnu za účelem doplnění nebo modifikace funkce přeprogramovat kontrolér, je zde vytvořen konektor pro sériovou komunikaci. Pro tuto možnost je dle manuálu využito pinů 6,7 a 8. Mikrokontrolér a všechny senzory jsou napájeny ze stabilizátoru 7805 napětím +5V. Stabilizátor a výkonová část jednotky MD03 jsou napájeny síťovým adaptérem s výstupem 12V/5A.

7.11 Návrh desky plošného spoje a umístění elektroniky do modelu

Ze schématu (Obr. 7.10.3) je v programu Eagle navržena jednovrstvá deska plošného spoje (DPS). Její velikost je minimalizována na rozměry 63,5 x 61 mm. Pohled na DPS ze strany vodivých cest ukazuje Obr. 7.11.1 a s vyobrazením součástek Obr. 7.11.2.



Obr. 7.11.1 DPS ze strany spojů



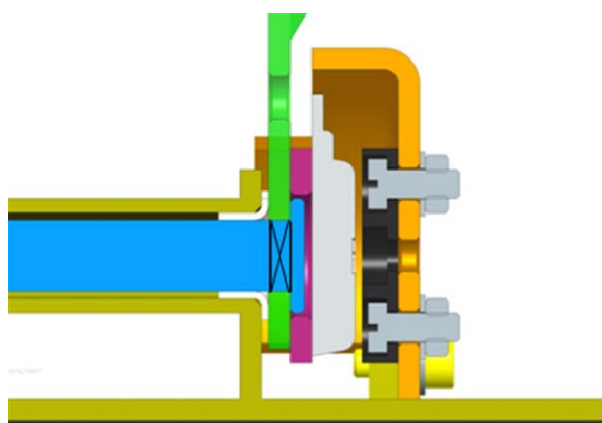
k nástěnné konzoli čtyřmi zápusnými šrouby v oblasti volného prostoru mezi nástěnnou konzolí a interface, jak je zobrazeno na Obr. 7.11.6. Senzor náklonu je instalován do osy otáčení televizoru z horní strany centrálního čepu (Obr. 7.11.5). Celkové uspořádání se zabudovanou elektronikou vidíme na Obr. 7.11.6.



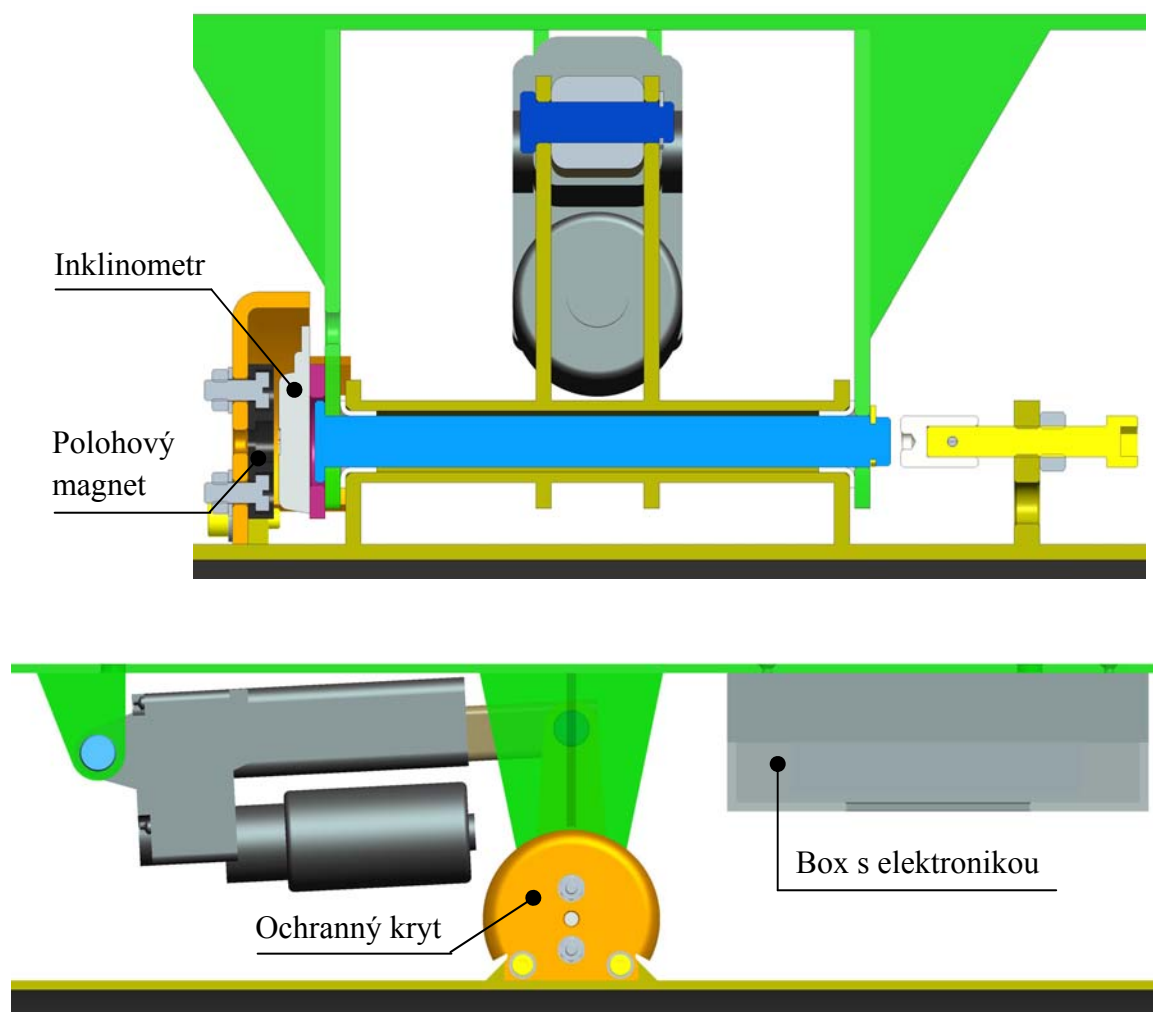
Obr. 7.11.3 Umístění IR senzoru



Obr. 7.11.4 Box s elektronikou



Obr. 7.11.5 Instalace inklinometru



Obr. 7.11.6 Model s doplněnou elektronikou

8. Zhodnocení výsledků

Úkolem byl návrh závěsného zařízení pro LCD televizor. Nejprve bylo nutné zpracovat analýzu daného problému a vymezit požadované parametry modelu. V projektu je uvedeno šest možností řešení, z kterých byla vybrána optimální varianta.

Po navržnutí vhodného konstrukčního uspořádání s modelem v prostředí Pro/ENGINEER byl dle výsledků silového rozboru dimenzován pohon a vybrány potřebné senzory a komponenty pro řídicí jednotku. Byla navržnuta deska plošného spoje a nastíněna možnost prostorového umístění elektroniky v modelu polohovadla. Na závěr byla vypracována technická a výkresová dokumentace.

Všechny body v zadání bakalářské práce byly z mého pohledu splněny.

9. Závěr

Cílem tohoto projektu bylo navrhnout optimální řešení motorického naklápění LCD televizoru umístěného na zeď, které by vyhovovalo určitým požadavkům.

Nejprve byly zjištěny normy pro upevnění různě velkých obrazovek. Po vyhledání různých druhů držáků, které jsou dostupné na našem trhu, bylo nutné je rozdělit na pasivní a aktivní zařízení. Zde byly také uvedeny kritéria, podle kterých se řídil návrh polohovadla.

Při návrhu bylo třeba vycházet z reálných parametrů, proto byl z nepřeberného množství zvolen LCD televizor Sony Bravia. Z webových stránek výrobce byly zjištěny potřebné parametry – rozměry, hmotnost, montážní otvory, a stanoveno tak těžiště.

V dalším kroku následovalo navržení různých variant polohovadla. Celkově bylo vytvořeno šest odlišných konstrukcí. Modifikací těchto konstrukcí je možno docílit většího počtu řešení, avšak ty se liší od základních jen nepatrně.

Výběru optimální varianty předcházelo podrobení všech konceptů kritériálnímu hodnocení. Všechny koncepty byly obodovány podle daných kritérií a výsledky prezentuje příslušná tabulka.

V následující části je věnován větší prostor pro podrobnější popis optimální varianty. S ohledem na dosažené výsledky silové analýzy byl vybrán pohon a poté uvedena konstrukce zařízení s popisem použitých komponentů. V oblasti řídicí jednotky byly vybrány potřebné senzory a navržena deska plošného spoje s mikrokontrolérem. Na závěr byla elektronika s patřičnými úpravami aplikována do stávající konstrukce polohovadla.

Zařízení je navrženo jako prototyp a pro případnou sériovou výrobu bude možná zapotřebí některé detaily dále upravit. Při výrobě prototypu a jeho prvním testování se mohou vyskytnout chyby, které lze jen stěží předpokládat. Co se týče brzdy, je možné použít i jiné varianty řešení brzdového systému, avšak na úkor složitější konstrukce v jiné cenové kategorii.

9.1 Seznam použité literatury

- [1] **HLAVA, J.** *Prostředky automatického řízení II*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2000.
- [2] **KALÁB, K.** *Části a mechanismy strojů pro bakaláře : části pohonů strojů*. 1. vyd. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. str. 128 s. ISBN 978-80-248-1860-3.
- [3] **KALÁB, K.** *Části a mechanismy strojů pro bakaláře : části spojovací*. 1. vyd. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. str. 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [4] **LEINVEBER, J. a VRÁNA, P.** *Strojnické tabulky*. 1. vyd. Praha : ALBRA - pedagogické nakladatelství, 2003. ISBN 80-86490-74-2.
- [5] **NEBORÁK, I. a SLÁDEČEK, V.** *Elektrické pohony [Neborák, 2007]*. [CD-R] Vyd. 1., Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. 1 elektronický optický disk : CD-R : barev.. ISBN 978-80-248-1493-3.
- [6] **NOVÁK, P.** *Mobilní roboty - pohony, senzory, řízení*. 1. vyd. Praha : BEN - technická literatura, 2005. str. 248 s. ISBN 80-7300-141-1.
- [7] **ČADA, R.** *Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce*. [PDF soubor] Ostrava : VŠB-TUO, Fakulta strojní, 2009.
- [8] **TKAČÍKOVÁ, D.** *JAK zpracovávat bibliografické citace*. [Online] [Citace: 29. 12 2009.] Dostupný z WWW: <<http://knihovna.vsb.cz/kurzy/citace/>>.
- [9] **ČSN 01 6910.** *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha : Český normalizační institut, srpen 1997. str. 36 s.
- [10] **ČSN ISO 690.** *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha : Český normalizační institut, 1996. str. 32 s.
- [11] **DRŽÁKY NA LCD & PLASMA TV. Omnimount**. [Online] SOLID CZECH a.s., 1996. [Citace: 29. 12 2009.] Dostupný z WWW: <<http://www.solid-czech.cz/omnimount/cz/index.php?page=omnimount/drzaky-na-lcd-plasma-tv>>.
- [12] **Držáky na stěnu, stolky a příslušenství . Kasa.cz**. [Online] 1999. [Citace: 29. 12 2009.] Dostupný z WWW: <<http://www.kasa.cz/televize-audio-video/obchod/101/drzaky-na-stenu-stolky-a-prislusenstvi/>>.
- [13] **GM Electronic**. [Online] Dostupný z WWW: <<http://www.gme.cz/cz/>>.
- [14] **HD Televizor BRAVIA. Sony**. [Online] [Citace: 12. 11 2009.] Dostupný z WWW: <<http://www.sony.cz/hub/lcd-televizory-bravia>>.
- [15] **LCD televizory - příslušenství. BílýRáj.cz**. [Online] [Citace: 29. 12 2009.] Dostupný z WWW: <<http://www.bilyraj.cz/tv-technika/lcd-televizory/prislusenstvi/>>.

- [16] LG Televizory. *LG Electronics*. [Online] [Citace: 12. 11 2009.] Dostupný z WWW: <<http://www.lge.com/cz/tv-audio-video/televizory/index.jsp>>.
- [17] Magnetic Encoders. *austriamicrosystems AG*. [Online] [Citace: 15. 3 2010.] Dostupný z WWW: <<http://www.austriamicrosystems.com/eng/Products/Magnetic-Encoders>>.
- [18] MALÉ STEJNOSMĚRNÉ MOTORY MAXON. *maxon motor*. [Online] 18. 7 2002. [Citace: 8. 4 2010.] Dostupný z WWW: <http://www.uzimex.cz/soubory/20070103_maxon_serial.pdf>.
- [19] MD03 Technical Documentation. [Online] [Citace: 5. 4 2010.] Dostupný z WWW: <<http://www.robot-electronics.co.uk/htm/md03tech.htm>>.
- [20] *Philips*. [Online] [Citace: 12. 11 2009.] Dostupný z WWW: <<http://www.consumer.philips.com/c/televizory/26287/cat/cz/>>.
- [21] *PICAXE*. [Online] [Citace: 5. 4 2010.] Dostupný z WWW: <<http://www.rev-ed.co.uk/picaxe/>>.
- [22] Pouzdra z kompozitu s přírubou. *SKF Ložiska, a.s.* [Online] [Citace: 5. 4 2010.] Dostupný z WWW: <http://www.skf.com/portal/skf_cz/home/products?contentId=260031&lang=cs>.
- [23] PRAS20. *ASM - Automation, Sensors, and Measurement*. [Online] [Citace: 5. 4 2010.] Dostupný z WWW: <http://www.asm-sensor.com/asm/pdf/pro/pras20_21_en.pdf>.
- [24] Princip optických enkodérů polohy pro řízení motorů. [Online] [Citace: 15. 3 2010.] Dostupný z WWW: <http://jonatan.spse.pilsedu.cz/~mazanec/opticke_ekodery.htm>.
- [25] SFH506-36 (520-025). *GM Electronic*. [Online] [Citace: 15. 3 2010.] Dostupný z WWW: <<http://www.gme.cz/cz/sfh506-36-p520-025.html>>.
- [26] *Samsung*. [Online] 1. červenec 2005. [Citace: 12. 11 2009.] Dostupný z WWW: <<http://www.samsung.com/cz/>>.
- [27] VESA Standardy. *WallMount*. [Online] 2007. [Citace: 29. 12 2009.] Dostupný z WWW: <<http://www.wallmount.cz/vesa-standardy.html>>.
- [28] Vogels VFWE 552 RC. *Svět TV*. [Online] [Citace: 29. 12 2009.] Dostupný z WWW: <<http://www.svettv.cz/vogels-vfwe-552-rc?PHPSESSID=17a064349dee64adf317cd5c32f68a11>>.
- [29] Zdvižné převodovky. *T.E.A. TECHNIK s.r.o.* [Online] 2007. [Citace: 20. 3 2010.] Dostupný z WWW: <<http://www.teatechnik.cz/katalogy-stazeni/>>.

9.2 Přílohy

- 3D model optimální varianty v Pro/ENGINEER
- Sestavný výkres a výrobní výkres v AutoCADu.